



**T.C. İSTANBUL T CARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN B LİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PARTÜKÜL MADDE (PM₁₀) KONSANTRASYONUNUN
KENTSEL YE  L ALAN S STEM YLE İLİ K LENDİR LMES :
İSTANBUL - BE  KTA   RNE  **

Ahmet BATUR

**Dan  man
Dr.    r. Üyesi G l Aslı AKSU**

**YÜKSEK L SANS TEZİ
KENTSEL S STEMLER VE ULAŞTIRMA Y NET M  ANABÖLÜM DALI
İSTANBUL - 2021**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ahmet BATUR tarafından hazırlanan **"Partikül Madde (PM10) Konsantrasyonunun Kentsel Yeşil Alan Sistemiyle İlişkilendirilmesi: İstanbul - Beşiktaş Örneği"** adlı tez çalışması 02/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **Dr. Öğr. Üyesi Gül Aslı AKSU**
Kastamonu Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Leyla SURİ**
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Simay KIRCA**
İstanbul Üniversitesi

Onay Tarihi : **27.09.2021**

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünün 27.09.2021 tarih ve 2021/322 numaralı Yönetim Kurulu Kararının 1. maddesi gereğince, ders yüklerini ve tez yükümlülüğünü yerine getirdiği belirlenen "Ahmet BATUR" adlı öğrencinin mezun olmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27/09/2021

Ahmet BATUR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER	v
ÇİZELGELER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Dünya Geneli Partikül Madde ve Kentsel Yeşil Alan Dağılım İlişkisine Odaklanan Örnek Araştırmalar	4
2.2. Türkiye Geneli Partikül Madde ve Kentsel Yeşil Alan Dağılım İlişkisine Odaklanan Örnek Araştırmalar	8
2.3. Yeşil Dokunun PM Konsantrasyon Kontrolü ile İlişkisi	12
3. PARTİKÜL MADDE KONSANTRASYONU VE ETKİLERİ	16
4. KENTSEL YEŞİL ALAN KAVRAMI	31
5. METODOLOJİ VE YÖNTEM	37
5.1. Araştırma Sahası	37
5.2. Yöntem	39
5.3. Ölçüm Araçları	41
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	47
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
7.1. Ölçüm Noktaları ve PM ₁₀ Yoğunluk Dağılımları	55
7.2. KYA ve PM ₁₀ Yoğunluk Dağılımları Arasındaki İlişki	61
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	72

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PARTİKÜL MADDE (PM₁₀) KONSANTRASYONUNUN KENTSEL YEŞİL ALAN SİSTEMİYLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ: İSTANBUL - BEŞİKTAŞ ÖRNEĞİ

Ahmet BATUR

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gül Ashı AKSU

2021, 72 Sayfa

Hızlı nüfus artışı ve dolaylı olarak artan plansız kentleşme, kentsel yeşil alanlar üzerinde başta halk sağlığı ve biyolojik çeşitlilik olmak üzere ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Bitki örtüsü yapılarının yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini anlamak için farklı tasarım senaryoları değerlendirilmeli ve tasarım optimizasyonu için simülasyonlar kullanılmaktadır. Bu amaçla, farklı peyzaj unsurlarına ve yoğun bir nüfusa sahip olduğu için Beşiktaş ilçesi seçilmiştir. Çalışma öncesinde, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü Beşiktaş İlçe Ölçüm İstasyonu'na ait 1998-2019 yılları arası PM₁₀ konsantrasyon değerleri gözden geçirilmiş, aylık ortalamaları temsil edecek şekilde yıllık grafikler hazırlanarak ön araştırma gerçekleştirilmiştir. PM₁₀ yoğunluğu Şubat ve Nisan aylarında en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Araştırma alanında homojen bir dağılım gösterecek şekilde, farklı tip yeşil alanları temsil edecek 23 adet ölçüm noktası belirlendi. DUSTTRAK II ve QUEST EVM 7 cihazları ile planlanan ölçüm noktalarında ölçümler yapıldı. Yerinde Ölçüm Bulgularına göre; PM₁₀ ölçümlerinde hava kalitesi indeks sınırlarına göre hassas düzeyi aşan bir düzey tespit edilmemiştir. 100-150 µg/m³ hassas düzeyde belirlenmiş; Mustafa Kemal Kültür Merkezi ($G\bar{x}=0,107$ mg/m³), Barbaros Parkı ($G\bar{x}=0,092$ mg/m³), Gültekin Parkı ($G\bar{x}=0,092$ mg/m³), en düşük PM₁₀ düzeylerinin ise; Garanti BBVA ($G\bar{x}=0,046$ mg/m³) ve Ulus Parkı ($G\bar{x}=0,041$ mg/m³) olduğu görüldü. Sonuç olarak; korular başta olmak üzere kentsel yeşil alanların PM üzerinde anlamlı düzeyde etkisi olduğu, yeşil dokunun çevresel yapılar ve özellikle parklar için önemli olduğu görülmüştür. Yeşil dokunun niteliği PM seviyelerini etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca, kopuk üniteler halinde bir vejetasyon sisteminin olası hasarları bu bölgelerdeki yeşil çatı sistemleri ile engellendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kentsel yeşil alan sistemi, PM₁₀, yerel kirletici maruziyeti.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

ASSOCIATION OF PARTICULATE MATTER (PM₁₀) CONCENTRATION WITH THE GREENWAY SYSTEMS: ISTANBUL - BEŞİKTAS SAMPLE

Ahmet BATUR

**Istanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Urban Systems and Transportation Management**

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Gül Aşlı AKSU

2021, 72 Pages

Rapid population growth and indirectly increasing unplanned urbanization negatively affect the ecosystem on urban green areas, especially public health and biological diversity. To understand the impact of vegetation structures on local air quality, different design scenarios should be evaluated and simulations are used for design optimization. For this purpose, Beşiktaş district was chosen as it has different landscape elements and a dense population. Before the study, PM₁₀ concentration values of the Istanbul Metropolitan Municipality Environmental Protection Directorate Beşiktaş District Measurement Station between 1998-2019 were reviewed, a preliminary research was carried out by preparing annual graphs to represent monthly averages. It was observed that the PM₁₀ concentration reached its highest values in February and April. 23 measurement points were determined to represent different types of greenway in a homogeneous distribution in the research area. Measurements were made at the planned measurement points with DUSTTRAK II and QUEST EVM 7 devices. According to On-Site Measurement Findings; areas with high PM₁₀ levels; Mustafa Kemal Cultural Center ($G\bar{x} = 0,107 \text{ mg / m}^3$), Barbaros Park ($G\bar{x} = 0,096 \text{ mg/m}^3$), Gültekin Park ($G\bar{x} = 0,092 \text{ mg/m}^3$), while the lowest PM₁₀ levels are; Garanti BBVA ($G\bar{x} = 0,046 \text{ mg/m}^3$) and Ulus Park ($G\bar{x} = 0,041 \text{ mg/m}^3$) were observed. According to the results obtained in the research; urban green areas, especially groves, have a significant effect on PM. It has also been observed that the green texture is important for environmental buildings and parks. The components of green tissue (biomass, high woody mixed nature) is thought to affect PM levels. In addition, possible damages of the vegetation system in the form of unconnected or disconnected units were prevented by the green roof systems in these regions.

Keywords: Local pollutant exposure, PM₁₀, urban greenway system.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Gül Aslı AKSU'ya teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Gül Aslı AKSU'ya, teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm, İstanbul Ticaret Üniversitesi personeline teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ahmet BATUR

İSTANBUL, 2021



ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2.1. Zhejiang bölgesindeki 50 gözlem istasyonu	4
Şekil 2.2. Farklı PM seviyelerinin ENVI-met ve gerçek veriler ile karşılaştırılması	4
Şekil 2.3. Şekil 2.3. Çengçou, Çin'deki 9 hava kalitesi izleme istasyonu (AQMS)	6
Şekil 2.4. Mevsimler arası PM konsantrasyonları	7
Şekil 2.5. Ölçülen ve modellenen PM ₁₀ konsantrasyonları	8
Şekil 2.6. 2012 ve 2014 yılları PM ₁₀ ve AB konsantrasyonları	9
Şekil 2.7. Beşiktaş bölgesindeki 5 gözlem istasyonu	11
Şekil 2.8. Beş gözlem istasyonundan elde edilmiş PM ₁₀ verileri	11
Şekil 2.9. Yeşil çatı ve yaşayan duvarlarda kullanılmış bitki çeşitleri	12
Şekil 2.10. Farklı bitki örtüsü türlerinin sokak kanyonundaki akış ve kirletici dağılımına etkisi	13
Şekil 2.11. Açık yol konfigürasyonları altında yol kirleticilerinin dağılım modelleri	14
Şekil 2.12. Farklı bitki türlerinin yapraklarından toplanan PM miktarı ...	14
Şekil 2.13. Otoyoldan farklı mesafelerde üç partikül madde fraksiyonlarının birikimi	15
Şekil 3.1. Partikül maddelerin kökenleri	17
Şekil 3.2. Partikül maddelerin insan saçına göre kıyaslanması	17
Şekil 3.3. Selanik'teki PM _{2,5} örneklerinde organik odun dumanı izleyici ortalamaları	20
Şekil 3.4. Aylık farklı PM konsantrasyon ortalamaları (µg/m ³)	21
Şekil 3.5. 2015 yılı deniz nakliyesi kaynaklı PM _{2,5} emisyonlarının dağılımı.....	24
Şekil 3.6. Tarımsal işlemlerde PM (organik) maruziyeti	25
Şekil 3.7. 01/02/2015 tarihinde Sahara çölü'nden taşınan toz yükünün uydu görüntüsü	26
Şekil 3.8. 01/02/2015 tarihinde Sahara çölü'nden taşınan tozun İstanbul'daki PM ₁₀ ve PM _{2,5} konsantrasyonu üzerine etkisi ...	27
Şekil 3.9. 1991 ve 2011 yılları PM ₁₀ konsantrasyonları (kg/m ³)	29
Şekil 4.1. Batı Kuzey Amerika'da gelişmekte olan bir manzaranın evrimi: "küçük değişikliklerin zorbalığı	32
Şekil 5.1. Araştırma alanının konumu	37
Şekil 5.2. 1998-2007 yılları İstanbul-Beşiktaş ilçesi PM ₁₀ konsantrasyonu.....	39
Şekil 5.3. 2008-2019 yılları İstanbul-Beşiktaş PM ₁₀ konsantrasyonu	40
Şekil 5.4. Ölçüm yapılan test noktaları	41
Şekil 5.5. QUEST EVM 7 ölçüm aracı ve partikül yolu	43
Şekil 5.6. DUSTTRAK ölçüm aracı	44
Şekil 5.7. Bebek parkı ölçüm noktası	45
Şekil 5.8. Gayrettepe parkı ölçüm noktası	45
Şekil 5.9. Barbaros parkı ölçüm noktası'nda EVM cihazıyla gerçekleştirilen ölçüm	46
Şekil 6.1. Gayrettepe parkı, Ortaköy mezarlığı, Balmumcu parkı, Gültekin parkı QUEST EVM 7 PM ₁₀ ölçüm sonuçları	47

Şekil 6.2.	Yıldız parkı – alt ve üst bölümleri, Aşık Veysel ve Serencebey parkı QUEST EVM 7 PM ₁₀ ölçüm sonuçları	48
Şekil 6.3.	Dünya Barış ve Barbaros parkları ve Beşiktaş Vodafone Stadyumu QUEST EVM 7 PM ₁₀ ölçüm sonuçları	49
Şekil 6.4.	Garanti BBVA önü, Levent Çamlık parkı, Sabancı Center metro istasyonu önü ve Sporcular parkı DUSTTRAK II PM ₁₀ ölçüm sonuçları	50
Şekil 6.5.	Oyak parkı, Mustafa Kemal Kültür merkezi, Sanatçılar parkı, Etiler metro istasyonu önü DUSTTRAK II PM ₁₀ ölçüm sonuçları	51
Şekil 6.6.	Bebek parkı, Prof. Dr. Aykut Barka Deprem parkı, Ulus ve Cemil Topuzlu parkları DUSTTRAK II PM ₁₀ ölçüm sonuçları	52
Şekil 6.7.	Araştırma alanında ölçüm noktalarından elde edilen değerler kullanılarak IDW Enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan 22/02/2020 tarihli PM ₁₀ yoğunluğu dağılım haritası	54
Şekil 7.1.	Gültekin parkı ve 2. köprü yolu ile ilişkisi	55
Şekil 7.2.	Oyak parkı ve bağlantı yollarına göre konumu	56
Şekil 7.3.	Ulus parkı ve koru yapıları ile ilişkisi	57
Şekil 7.4.	Ortaköy mezarlığı ve ana arter ile ilişkisi	58
Şekil 7.5.	MKKM yan yolu ile 2. köprü yolu arasındaki ilişkisi	59
Şekil 7.6.	Barbaros parkı ve çevresel yapılar ile ilişkisi	59
Şekil 7.7.	Bjk Vodafone stadı yan yolu ve çevresel yapılar ile ilişkisi	60
Şekil 7.8.	Beşiktaş ilçesi yeşil alan ve yapısal yüzey dağılımı	61

ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çaplarına göre PM kaynakları ve ana içerikleri	19
Çizelge 3.2. Ülkelere göre petrol endüstrilerinde PM ₁₀ emisyonu	23
Çizelge 4.1. Yeşil alan ve benzeri tanımlama	34
Çizelge 5.1. 2007-2019 yılları arası Beşiktaş ilçesi nüfus değişim trendi	38
Çizelge 5.2. Araştırma ve ölçüm cihazına göre ayrılmış ölçüm bölgeleri	42
Çizelge 6.1. Kent peyzaj paternlerinin PM ₁₀ kirliliğine etkisi – Beşiktaş	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

AQMS	Air Quality Monitoring System
BJK	Beşiktaş Jimnastik Kulübü
EVM	Enviromental Monitoring
EU	Europe Union
G $\bar{x}$	Genel Ortalama
HKDY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi
IDW	Inverse Distance Weighting
KYAS	Kentsel Yeşil Alan Sistemleri
m ³	Metreküp
MKKM	Mustafa Kemal Kültür Merkezi
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PM	Partiküler Madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TWA	Time Weighting Average
VOCs	Volatile Organic Compounds
WHO	World Health Organization
µg	Microgram

1. GİRİŞ

Dünyada hızlı nüfus artışıyla beraber ivmelenen plansız kentleşme sürecine bağlı olarak, yeşil alanlar üzerindeki olumsuz baskı her geçen gün artmaktadır. Bu baskı, türlerin ve yaşama ortamlarının bozulmasına hatta yok olmasına sebep olduğu gibi insan sağlığını da tehdit eder boyutlara ulaşmıştır (Aksu, 2020).

Forman (1995, 2008), dünyadaki hızlı nüfus artışıyla beraber yayılan kentleşmenin tıpkı bir tsunami gibi kısıtlı araziye yok ettiğine dikkat çekmektedir. Aynı zamanda, geleceğin mirasını teşkil eden; arazi kullanım şekillerine, mekansal desenlere ve ekolojik bakımdan önemli olan birçok sürece neden olan bu yıkımın kontrol altına alınması gerekliliğinin vurgulamaktadır.

Başta; halk sağlığını, biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyen ve çok sayıda bileşene bağlı olarak şekillenen kentleşme sürecinin, ekosistem üzerindeki etkilerinin detaylı olarak ele alınması gerekmektedir. Kent ortamında iklim, toprak, su, röllyef, biyolojik çeşitlilik gibi hayati öneme sahip fonksiyonlar, bozulan dengelerin düzeyine bağlı olarak değişime uğramakta hatta geri dönülmesi zor bozulmalara maruz kalmaktadır. Kullanım ihtiyacı, habitatlarla uyumlu bir şekilde ilişkilendirilmediğinde, yaşam ortamları üzerinde baskı unsuru teşkil eden bir unsur halini almaktadır. Çok bileşenli oldukları için karmaşık bir yapıya sahip olan doğa-toplum etkileşimleri için sürdürülebilir çözümler üretebilmek üzere kavramsal modellerin ve araçların geliştirilmesi gerekmektedir. Çok ince nüanslara sahip olan bu yolculukta, söz konusu çevre problemine hangi bütüncül bakış açısıyla ele alınması ve söz konusu problemin çözümüne giden yolda hangi bileşenlerin dahil edilmesi gerektiği konularının kurgulanması önemlidir (Aksu, 2020).

Çeşitli yapısal ve işlevsel özelliklerine bağlı olarak farklılık gösteren kentsel açık alanların, odunsu ve/veya otsu bitkiler ile kaplı olan kısımları “Kentsel Yeşil Alan” olarak tanımlanmaktadır. Kentsel yeşil alanlar, tesis edildiği andan itibaren değişen/gelişen, bu değişim/gelişime paralel olarak da ekolojik, rekreasyonel ve estetik etkileri ile farklılaşan alanlardır. Kentsel yeşil alanlar,

kente çok yönlü katkı sağlayan önemli mekanlardır. (Akdoğan, 1970; Saatçioğlu, 1978; Bilgili, 2009).

Kentsel yeşil alanların; ekolojik, ekonomik, sosyal ve planlama bakımından çok sayıda önemli ve hatta hayati işlevi bulunmaktadır (Bilgili, 2009). Hava kirliliğini azaltma ve dengeleme işlevi de bu önemli işlevlerden bir tanesidir. Yeşil alanların hava kirliliğini azaltmadaki en önemli rolü, havadaki partikül maddeleri absorbe edebilmesidir. Bitkiler, kendileri toz üretmemekle birlikte yaprak yüzeylerindeki mum tabakası ve yaprak tüyleri yardımıyla havadaki tozları absorbe eder (Şahin, 1989).

Genel algıda bitkilendirme tasarımı, estetik unsurlarıyla ön plana çıkan bir düzenleme olarak görülse de, bitkisel peyzaj tasarımında fonksiyonel niteliklerin gözardı edilmesi düşünülemez. Özellikle kent ekosisteminde, parçalanma süreçleri ve yeşil alandan yapısal doğru ortaya çıkan hızlı dönüşüm süreci göz önünde bulundurulduğunda, bitkiler hem işleyişlerin hem de mekânsal düzenlenişlerin devamlılığını sağlayan başlıca unsurlardır (Aksu, 2017).

Bitki örtüsünün, yapıların yerel hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini dengeleyici birçok farklı özelliği vardır. Duruma göre en uygun evrensel çözümün ortaya konabilmesi için farklı tasarım senaryolarının yerel hava kalitesi üzerindeki etkisini analiz etmeyi ve tasarım kararını optimize edebilmeyi sağlayacak araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgisayar simülasyonları bu anlamda önemli bir boşluğu doldurmaktadır (Deng vd., 2019).

Çok karmaşık ilişkilerden beslenen ekosistem fonksiyonlarını anlamak üzere çok sayıda ekolojik gösterge kullanılmaktadır. Havadaki partikül madde miktarı da kent ekosisteminde cereyan eden çok sayıda döngüde meydana gelen bozulmaların göstergesi olabilmektedir. Tarım aktiviteleri, trafik kirleticileri, enerji yanma ve üretim endüstrileri, biyolojik kaynaklar, deniz trafiği gibi doğal ve yapay kirleticiler ekosistem fonksiyonlarını etkileyen faktörler arasındadır.

Kentsel yeşil alanlar (KYA), biriktirme yolu ile ince ve çok ince toz (PM₁₀ ve daha küçük) parçacıklarını filtreleme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, özellikle

partikül kaynaklarının yoğun şekilde kirlettiği alanlarda hava kalitesini iyileştirmek için bitki örtüsünün potansiyelinin araştırılması önem kazanmaktadır.

Bu araştırmada, yoğun kentleşme baskısı altında olan bir alanda, KYA'nın PM konsantrasyonu ile ilişkisi, yerinde ölçümlerle değerlendirilmiştir. Merkezi konumu, yoğun nüfusu ve etkisi altında bulunduğu çok sayıda doğal-kültürel etkenler dolayısıyla İstanbul İli'nin Beşiktaş İlçesi, bu ilişkilerin değerlendirilmesi için örnek alan olarak tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen bu araştırmanın İstanbul İli ve Türkiye genelinde PM ile ilgili yapılmış araştırmaları destekleyeceği ve KYA sistemlerinin ekolojik indikatörler yardımıyla fonksiyonel olarak kent ekosistemini destekleyici nitelikte kurgulanmasına yönelik yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağı düşünölmektedir.

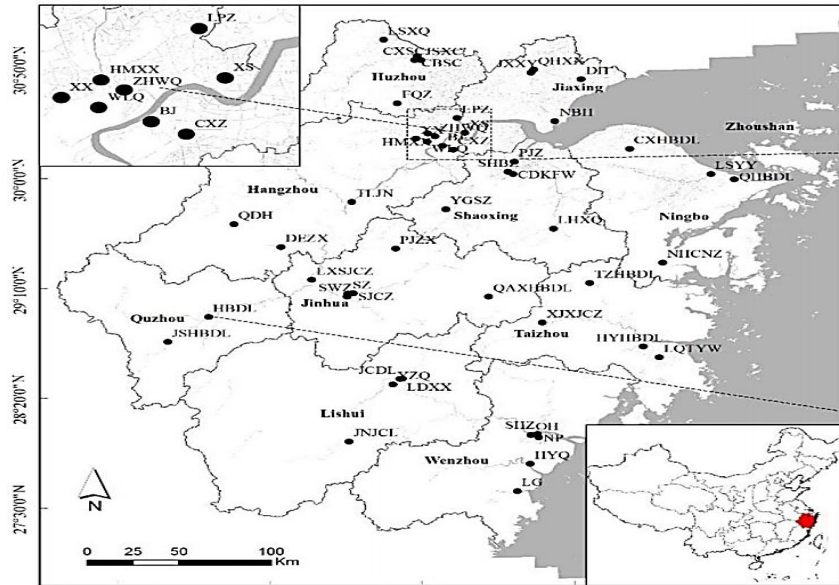
2. LİTERATÜR ÖZETİ

Havadaki partikül madde konsantrasyonunu çeşitli konularda gösterge olarak değerlendiren çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu bölümde, PM konsantrasyonunun yeşil alanlarla ilişkilendirilmesi konusunda araştırmayı destekleyen çalışmalar üzerinde durulacaktır.

2.1. Dünya Geneline Partikül Madde ve Kentsel Yeşil Alan Dağılım İlişkisine Odaklanan Araştırmalar

Dünya nüfusu ve doğrudan etki olarak şehirleşmenin artması ile metropol bölgelerindeki ekolojik ve insan yaşamı üzerine çalışmalar artmıştır. Özellikle son dönemde, “Kentsel Yeşil Alan” (KYA) ve “Partikül Madde” (PM) arasındaki ilişkileri değerlendiren çalışmalar, nüfusun dramatik artış seyrettiği Çin’de yoğunlamıştır.

Wu ve arkadaşları (2018) sanayinin hızlı artış gösterdiği Zhejiang bölgesinde KYA sistemleri ile mekansal/zamansal PM değişimi arasındaki ilişkiyi anlamak üzere 50 gözlem istasyonundan (Şekil 2.1) elde ettikleri günlük PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir.

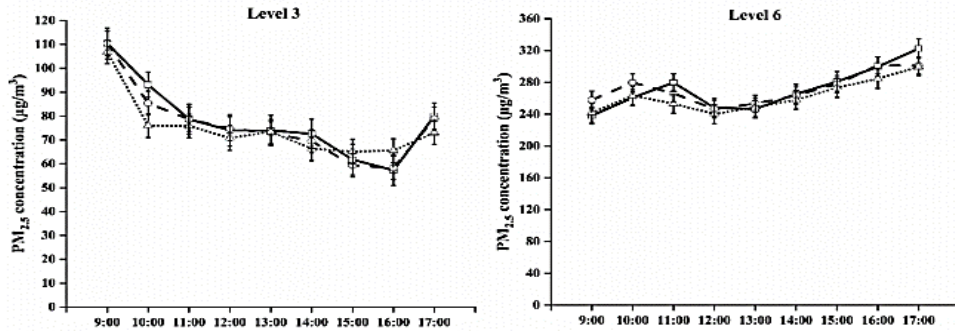


Şekil 2.1. Zhejiang Bölgesindeki 50 Gözlem İstasyonu (Wu vd., 2018)

Çalışmanın sonuçlarına göre; 5 km veya daha küçük ölçekte, PM_{2,5} ile KYA arasındaki korelasyon PM₁₀'dan yüksek bulunmuştur. Ayrıca, 2 km veya daha az kenar uzunluğu olan KYA'ların PM'ler üzerinde etkisi daha az iken, 3-5 km ölçeğinde KYA'nın etkisi daha baskın olduğu görülmüştür (Wu vd., 2018).

Deng ve arkadaşları (2019), farklı KYA sistemlerinin proje yönetimi üzerindeki etkisini, 3 boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modeli aracılığıyla değerlendirerek, KYA'ların PM üzerindeki düzenleyici etkilerini ortaya koymuşlardır. Değerlendirmede orman varlığını, PM konsantrasyonunu ve meteorolojik faktörleri entegre etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; PM konsantrasyonu ile bağıl nem ve sıcaklık faktörleri arasında korelasyon tespit edilmiştir.

Rüzgar hızı ve yönü ile anlamlı bir korelasyon kurulamamıştır. Ayrıca araştırmada, ENVI-met modelinin¹ KYA'ların etkisi ile PM konsantrasyonu arasındaki değişimlerin kavramasında etkili bir model olduğu belirtilmiştir (Şekil 2.2). Uniform KYA'ların PM temizliğinde etkili olmadığı, dış-bükey yapıda artımlı KYA'ların PM konsantrasyonunu düşürmede daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Deng vd., 2019).

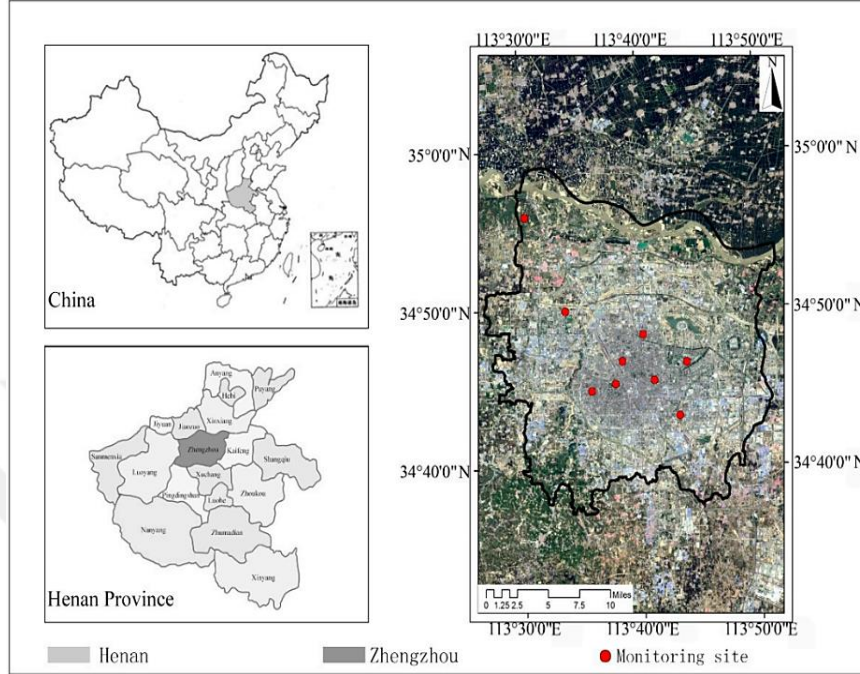


Şekil 2.2. Farklı PM seviyelerinin ENVI-met ve gerçek veriler ile karşılaştırılması (Deng vd., 2018)

Alanda yapılmış son dönemdeki çalışmalardan biri Lei ve arkadaşları (2018) tarafından Çin'in dört mevsimi de yaşayan Çengçou şehrinde 9 farklı hava

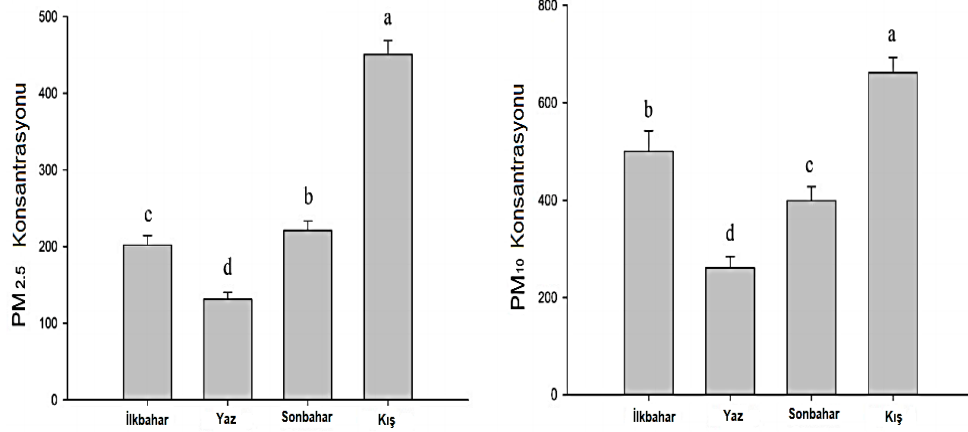
¹ ENVI-met modeli: Bruse tarafından 1995 yılında geliştirilmiş bir üç boyutlu mikro iklim modelidir. Ücretsiz bir yazılımdır ve 2010 yılından beri dünyanın her bölümünde 1700'den fazla kayıtlı kullanıcıya sahiptir. Trier, Lizbon, Kahire, Singapur ve Colombo gibi birçok farklı konumda hava kalitesi ve kentsel mikro iklim araştırmalarında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Huttner, 2012).

kalitesi izleme istasyonu (AQMS) kullanılarak yapılmıştır. Karelerin kenar uzunlukları olarak sırasıyla 1 km, 2 km, 3 km, 4 km, 5 km ve 6 km'lik altı mesafe seçildi ve her bir AQMS merkezi nokta görevi gördü (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Çengçou, Çin'deki 9 Hava Kalitesi İzleme İstasyonu (AQMS) (Lei vd., 2018)

Araştırma bulgularına göre, mevsim faktörü $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyonu üzerinde anlamlı bir etki teşkil etmemektedir. PM konsantrasyonu kış aylarında en yüksek, yaz aylarında ise en düşük seviyelere ulaşmaktadır (Şekil 2.4). PM_{10} 'u etkili bir şekilde azaltmak için; 4 km mesafede yeşil alan yüzdesinin, 2 km ve 4 km'lik mesafelerde kenar yoğunluğunun ve 1 km mesafede yeşil alan yama alanlarının artırılması gerekmektedir.



Şekil 2.4. Mevsimler arası PM Konsantrasyonları (Lei vd., 2018)

PM miktarının ve havadaki konsantrasyonunun toplum sağlığı üzerindeki etkilerine odaklanan araştırmalar da her geçen gün artmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilen bir araştırmada, 364 şehir verileri değerlendirilerek; 2000-2013 yılları arasında KYA, PM'ye maruz kalma ve hastaneye yatış oranları arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir⁵. Çalışmada üç veriden yararlanılmıştır:

- NDVI² ile ölçülen yeşil alan hacmi,
- Medicare'e kayıtlı kişilerden kardiyovasküler veya solunum hastalıkları nedeniyle günlük hastaneye başvuru sayısı (≥ 65 yaş),
- Her il için hava kalitesi izleme verileri (partikül maddede $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ artışla ilgili hastaneye yatış yüzdesi değişikliği).

Çalışmanın sonuçları, fazla yeşil alana sahip bölgelerde hava kirliliği ve sağlık problemleri arasındaki ilişkinin daha az olduğunu ortaya koymuştur. NDVI'daki bir artışın, PM₁₀ ile kardiyovasküler hastaneye yatış arasındaki ilişkide %1,68 düşüşe ve akut miyokard enfarktüsünün PM₁₀ hastaneye yatış ilişkisinde %10,4 azalmaya karşılık geldiği tespit edilmiştir (Heo ve Bell, 2019).

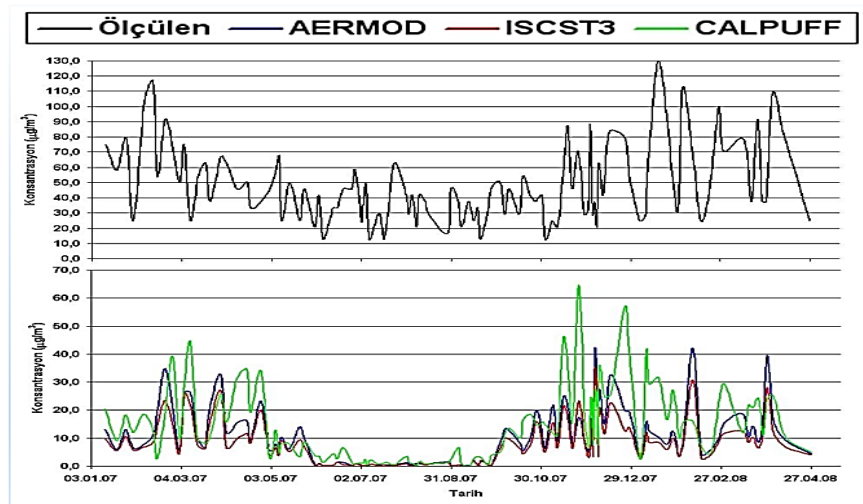
² NDVI = Normalized Difference Vegetation Index (Bitki Örtüsü Normalize Edilmiş Fark İndeksi)

2.2. Türkiye Geneline Partikül Madde ve Kentsel Yeşil Alan Dağılım İlişkisine Odaklanan Araştırmalar

Türkiye’de yapılan KYA ve PM ilişkisi çalışmalarının çoğunlukla sanayileşmenin (örn; Zonguldak, Kocaeli) ve nüfusun (örn; İstanbul, İzmir) yoğun olduğu bölgelere odaklandığı görülmektedir. Örneğin; Zeydan (2014), 2008 ile 2013 yılları arasında “kaçak kömür” olarak bilinen lavvarlanmamış taş kömürü kullanımının sık olduğu Zonguldak ilinde PM ölçüm kayıtlarını analiz etmiştir.

Çalışmada, farklı kaynaklar için PM₁₀ emisyon envanteri hazırlanmış ve yıllık PM emisyonunun 2.710,22 ton olduğu görülmüştür. Bu emisyonun %60,8’ünün sanayi tesislerinden, %38,2’sinin ısınma amaçlı yakıt tüketilmesinden ve %0,9’unun ise ulaşımdan kaynaklandığı görülmüştür.

Çalışmada ayrıca, PM₁₀ için üç farklı hava kalitesi modeli (ISCST3, AERMOD ve CALPUFF) geliştirilmiştir (Şekil 2.5). Her bir model için PM konsantrasyon dağılım haritaları oluşturulmuş ve performans analizi sonuçlarına göre, CALPUFF modeli diğer modellere oranla daha tutarlı bulunmuştur (Zeydan, 2014).

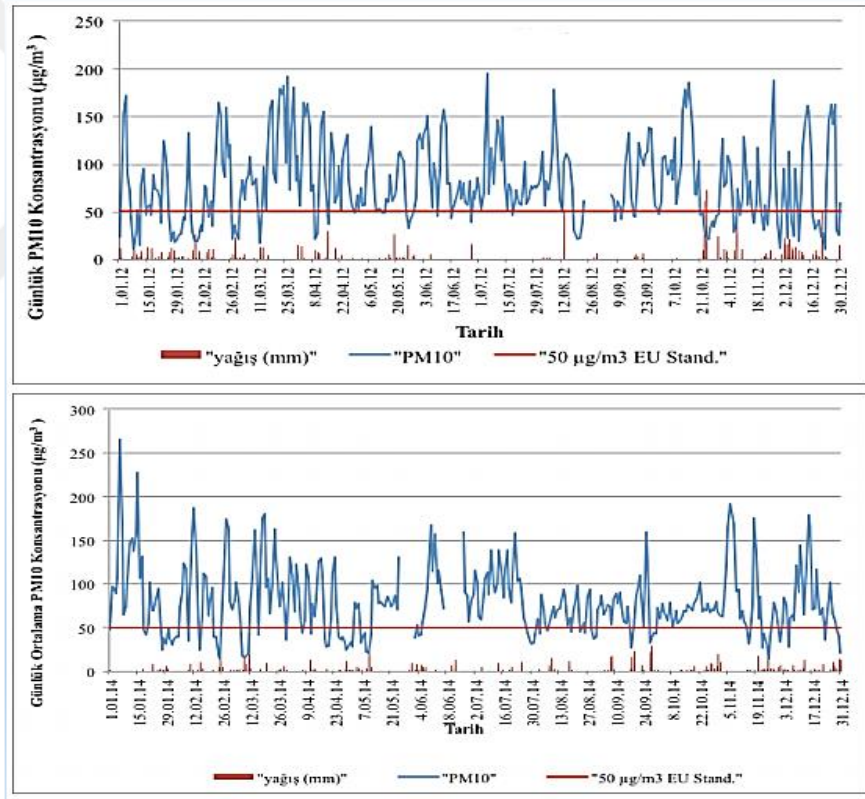


Şekil 2.5. Ölçülen ve Modellenen PM₁₀ Konsantrasyonları (Zeydan, 2014)

Benzer bir çalışma, Ağaç ve arkadaşları (2015) tarafından yapılmıştır. Araştırmada, 2010-2014 dönemleri arasında İstanbul - Kağıthane Deresi

Vadisi'ndeki saatlik ve günlük PM₁₀ konsantrasyonları; otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve mevsimsel otoregresif entegre hareketli ortalama (SARIMA) modelleri kullanılarak simüle edilmiştir.

Kağıthane bölgesinin coğrafi yapısı nedeniyle kirleticilerin çökme eğilimi artmaktadır. Bu nedenle, günlük ve yıllık PM₁₀ konsantrasyonlarının Avrupa Birliği tarafından belirlenen standartları³ aştığı görülmüştür. Analiz sonuçları; 2012 (80,77 µg/m³), 2013 (88,46 µg/m³, 2014 (79,66 µg/m³) yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının, Avrupa Birliği (AB) standartlarının oldukça üstünde olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar Kağıthane istasyonundan alınan değerler ile kıyaslandığında, üç yıllık EU standartlarının 2 katına tekabül ettiği görülmüştür (Ağaç vd., 2015) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. 2012 ve 2014 yılları PM₁₀ ve AB Konsantrasyonları (Ağaç vd., 2015)

Çoban (2009), Çevre ve Orman Bakanlığı ile İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığı'ndan 2007 yılına ait elde ettiği PM₁₀ seviyelerini meteorolojik

³ EU standartlarına göre yıllık ortalama PM₁₀ değeri 40 µg/m³'tür.

parametreler ekseninde değerlendirmiştir. Web tabanlı farklı modeller kullanmak suretiyle Sahra ölü toz taşınma oranlarını da çalışmasına dahil etmiştir. Böylece, PM₁₀ seviyelerine etki eden hem kùltürel hem de doğal faktörleri değerlendirebilmiştir.

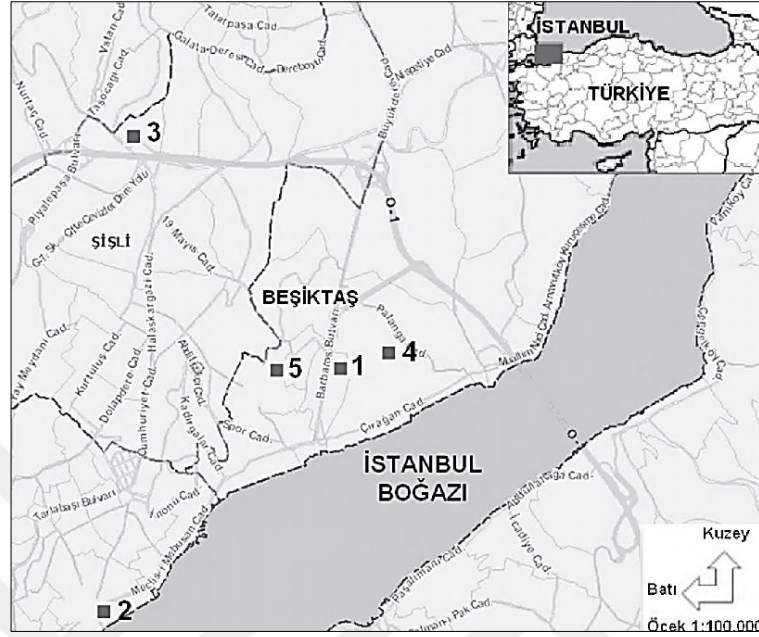
Sonuçlara göre; Kış aylarında Samsun, Trabzon, Gümüşhane, Eskişehir, Nevşehir, Niğde, Karaman, Adana, Kilis, Kırklareli ve İzmir istasyonlarında en düşük (40-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM₁₀ seviyeleri ile karşılaşılırken, en yüksek seviyeler (101-150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) Zonguldak, Karabük, Çorum, Kütahya, Denizli, Gaziantep ve Batman istasyonlarında görölmüştür. Bunun sebebi olarak; mevsimsel fosil yakıt kullanımı ve mevsimsel meteorolojik parametre değişimleri görölmektedir. Ayrıca tüm bölgelerde, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) yönetmeliğinde belirtilen PM₁₀ konsantrasyonu I. Uyarı eşiğinin (260-420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) aşıldığına dikkat çekilmiştir (oban, 2009).

2005-2012 yılları arasında 27 ilde PM₁₀ konsantrasyonunu değerlendiren Orhun (2013), tüm illerde PM₁₀ verilerinin >50, >100 ve >150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşan günlerin sayısının fazla olduğu görmüştür. Çalışmada T.C. evre ve şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme Ağı'ndan elde edilen veriler ile Air Resources Laboratory'den istasyon koordinatlarına göre elde edilen karışım yüksekliği ve HYPLIT geri yörünge analizi verilerinden yararlanmıştır.

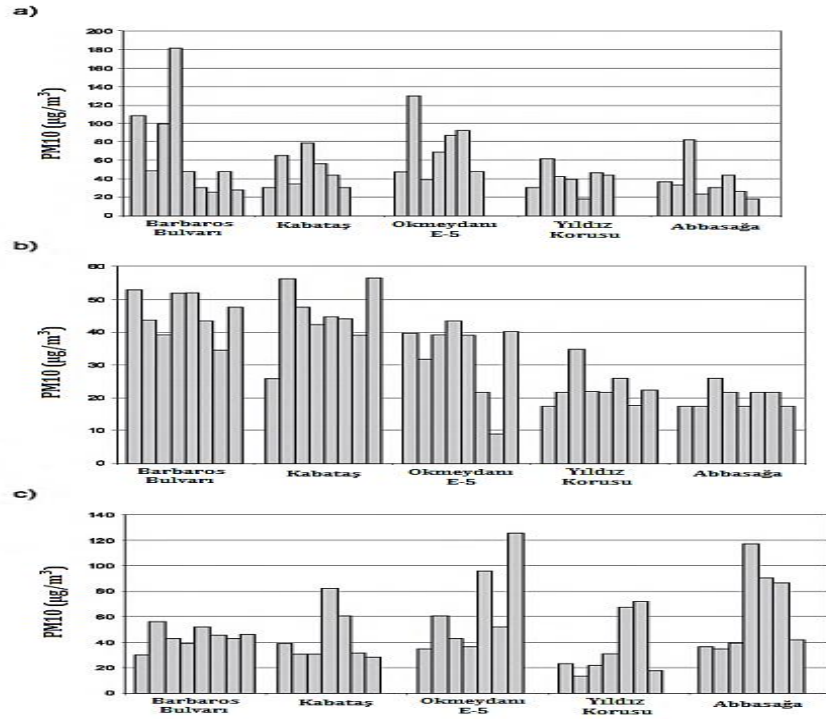
Özdemir ve arkadaşları (2010), araştırma alanı içerisinde (İstanbul-Beşiktaş semtinde) belirledikleri 5 farklı ocuk oyun alanında, 2009 Mart - Aralık ayları arasında trafik yoğunluğuna bağlı oluşan PM₁₀ ölçümleri gerçekleştirmiştir (şekil 2.7).

2009 yılının Mart ve Kasım ayları arası en yüksek PM₁₀ konsantrasyon ortalaması Barbaros Bulvarı'nda, ikinci en yüksek ortalamalar ise Okmeydanı-E5 ve Yıldız Parkı istasyonlarında gözlemlenmiştir (şekil 2.8). Mevsimsel olarak, PM_{2,5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının yaz aylarında düşük, kış aylarında ise yüksek olduğu görölmüştür. Bu sonuçlara göre, trafik kaynaklı kirliliğin fazla olduğu ana yol ve cadde kenarlarındaki oyun parklarında PM

konsantrasyonların çocuk sağlığını olumsuz etkileyecek değerlere ulaştığı görüldü ( zdemir vd., 2010).



şekil 2.7. Beşiktaş Bölgesindeki 5 Gözlem İstasyonu ( zdemir vd., 2010)



şekil 2.8. Beş Gözlem İstasyonundan Elde Edilmiř⁴ PM₁₀ Verileri ( zdemir vd., 2010)

⁴ a) 1 Mart - 1 Haziran, b) 1 Haziran - 1 Eylül, c) 1 Eylül - 1 Aralık

2.3. Yeşil Dokunun PM Konsantrasyon Kontrolü ile İlişkisi

Kentsel yapılarda kullanılan yeşil dokunun; enerji tasarrufu oluşturma, biyolojik çeşitliliği teşvik etme, su akışını kontrol etme, kentsel ısı adası etkisini azaltma, iç ve kentsel havayı iyileştirme gibi faydaları üzerine yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Örneğin; yeşil çatı (greenroof - GR) ve yaşayan duvarların (livingwall - LW), aerosol PM seviyelerinin yüksek olduğu yarı kurak iklimlerde, hava kirliliğini azaltma üzerinde etkisi olduğu da görülmüştür. Bu nedenle, Viecco ve arkadaşları (2018); yeşil çatı-cephe sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bitki türleri ile PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Şekil 2.9).



Yeşil Çatı (Greenroof - GR)	Yaşayan Duvar (Livingwall - LW)
Pitosporum tobira	Aptenia cordiflora
Lavandula angustifolia	Erigeron karvinskianus
Lampranthus spectabilis	Sedum palmeri
Sedum album	Sedum spurium
Sedum reflexum	

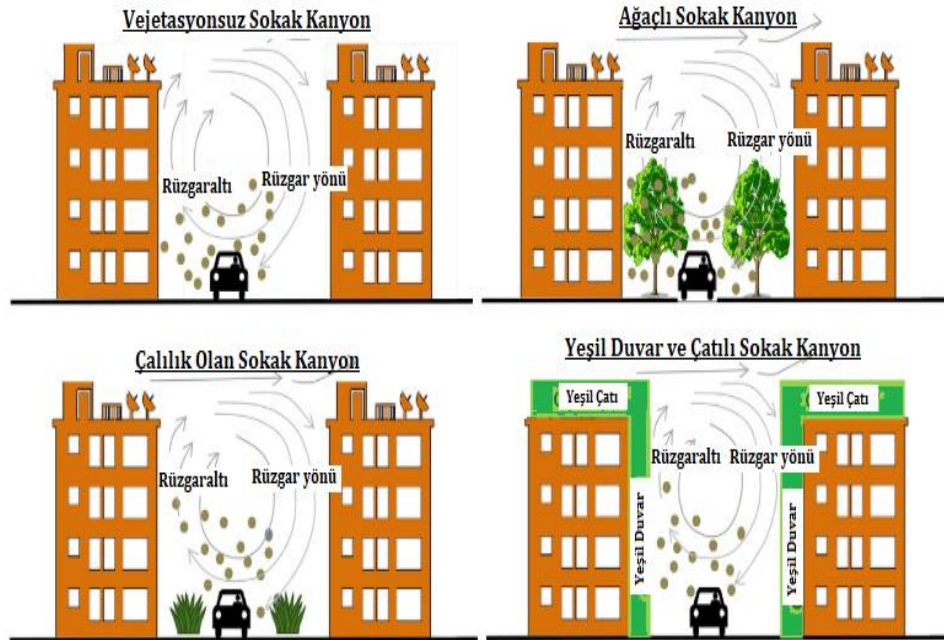
Şekil 2.9. Viecco vd. (2018)'nin yeşil çatı ve yaşayan duvarlarda vejetasyon ile PM arasındaki ilişkileri anlamak üzere tercih ettikleri bitki çeşitleri.

Araştırmada, yaprak balmumu tarafından yakalanan PM'nin yanı sıra, bitki yaprakları üzerinde PM_{2,5} ve PM₁₀'un kuru iklimlerdeki birikimini ölçmek için GR'ler için 5 bitki türü ve LW'ler için 4 bitki türü - yıkama, filtreleme ve tartma

yöntemleri ile - test edilmiştir. Sonuç olarak, yarı kurak iklimlerde kullanılan GR ve LW'lerde kullanılan tipik bitki örtüsü üzerinde önemli miktarda PM birikmesidir. Bu çalışma, bu yeşil altyapıların hava kirliliğini azaltmaya katkıda bulunabileceğini, dolayısıyla GR'ler ve LW'lerin dekontaminasyon planlarına dahil edilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Viecco vd., 2018).

Abhijith ve arkadaşları (2017)'nin açık yol ve yerleşik cadde kanyon bölgelerinde yeşil altyapının hava kirliliğini azaltma üzerine etkilerini inceledikleri bir derlemede:

- i. Sokak kanyonu ortamında; yüksek seviyeli bitki örtüsü kanopilerinin (ağaçlar) hava kalitesini bozduğunu ancak, düşük seviyeli yeşil altyapıların (çitler) hava kalitesi koşullarını iyileştirdiği (Şekil 2.10),
- ii. Açık yol koşullarında ise; geniş/düşük gözenekli bitki örtüsünün alçak rüzgarın taşıdığı kirleticilerde azalmaya neden olduğunu ancak, boşluklu veya büyük gözenekli bitki örtüsünün hiçbir iyileşmeye neden olmayacağını aksine, hava kalitesinde bozulmaya yol açabileceğini belirtmiştir (Şekil 2.11).

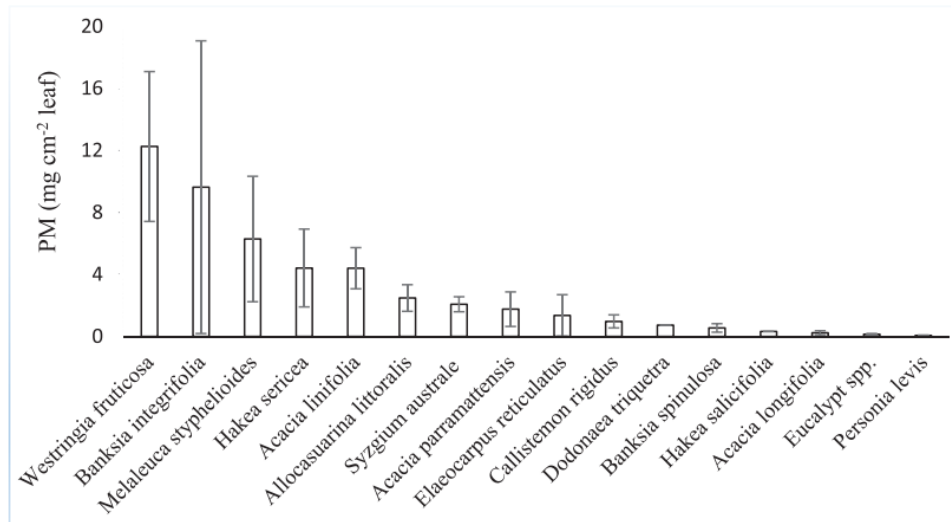


Şekil 2.10. Farklı bitki örtüsü türlerinin sokak kanyonundaki akış ve kirletici dağılımına etkisi (Abhijith vd., 2017).



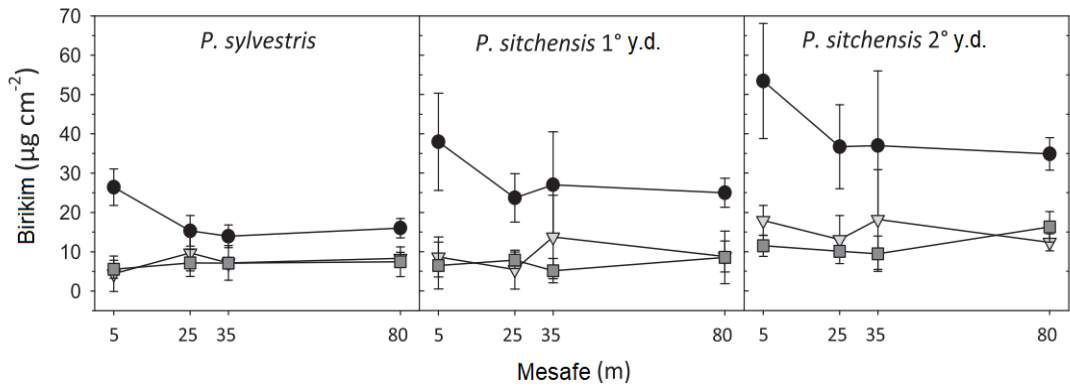
Şekil 2.11. Açık yol konfigürasyonları altında yol kirleticilerinin dağılım modelleri (Abhijith vd., 2017).

Avustralya’da yapılan bir çalışmada, 16 yerli tür üzerindeki PM yükü belirlemiş ve kıta florasındaki toplam PM birikimi gözlemlenmiştir (Şekil 2.12). Yaprak şekli, türü ve tüylerinin varlığı PM miktarını etkileyen önemli faktörler arasındayken, yaprak düzenlemesinin etkili olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, tekil özelliklerden ziyade kombinasyonlar, PM birikimini ve birikimini etkilemede önemli olabilir. Bunun yanında çalışmada, vejetasyonun etkililiğinin; araç egzozu, lastik aşınması ve yol kenarı toprakları gibi kirleticilerden etkilendiği de bulunmuştur (Leonard vd., 2016).



Şekil 2.12. Farklı Bitki Türlerinin Yapraklarından Toplanan PM Miktarı

Benzer bir çalışmada ise, otoyol kenarına farklı mesafelerde dizilmiş kozalaklı ağaçlar üzerindeki PM ve farklı element birikimleri incelenmiştir (Şekil 2.13). *P. sitchensis*, *P. sylvestris* ile karşılaştırıldığında daha yüksek miktarda PM₁₀ birikimi görülmüştür. Tüm PM fraksiyonlarının birikmesi, bir yaş dikenli (1° y.d) *P. Sitchensis*'e kıyasla iki yaş dikenli (2° y.d) *P. Sitchensis*'de daha yüksek miktarlardadır. Yola en yakın numunelerde (5 m), daha uzak mesafelerden alınan numunelere göre daha yüksek PM₁₀ birikimi gözlenmiştir (Mori vd., 2015).



Şekil 2.13. Otoyoldan farklı mesafelerde üç partikül madde fraksiyonlarının birikimi⁵

Bu çalışma, otoyol boyunca bitki örtüsündeki kirlilik birikimini arttırmayı amaçlayan, kentsel altyapıdaki kozalaklı ağaçların potansiyel faydalarını göstermiştir. Çalışmaya göre, kentsel alanlardaki bitki örtüsü, hava kalitesi üzerindeki olumlu etkilerin optimize edilebileceği şekilde tasarlanmalıdır ve özellikle yeşil altyapının, kirlilik kaynaklarının yakınına yerleştirildiğinde kirlilik birikiminde etkili olmuştur (Mori vd., 2015).

Yukardaki çalışmalardan da anlaşılacağı gibi; KYA ve yeşil bitki örtüsü/altyapı özellikleri PM ve farklı elementlerin birikimini etkiler gözükmemektedir. Bu etki; altyapının kirleticilere olan mesafesi, kirletici miktarı, dikim yılı ve rüzgar yönü gibi farklı değişkenlerden etkilenmektedir. Bu etki, başta kişisel olmak üzere toplum sağlığını önemli ölçüde değiştirmektedir.

⁵ Siyah daire = toplam PM₁₀, Gri üçgen = toplam PM_{2.5} ve koyu gri kare = toplam PM_{0.2}
Değerler, ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

3. PARTİKÜL MADDE KONSANTRASYONU VE ETKİLERİ

Sanayileşme ve kentleşme, nüfus kümelenmesi ile birlikte hava kalitesinin kötüleşmesine yol açmıştır. Metropol olarak adlandırılabilen bölgelerde giderek artan hava kirliliği komşu bölgelere yayılmakta ve büyük bir nüfusu etkileyen kirliliğe dönüşmektedir. Partikül maddelerin kimyasal bileşenleri bir dizi çevresel etkiden sorumludur. Bu nedenle bu bölümde PM'nin içeriği, kaynakları ve sağlık üzerine etkileri tartışılacaktır.

3.1. Partikül Maddenin Tanımı, Boyutları ve İçerikleri

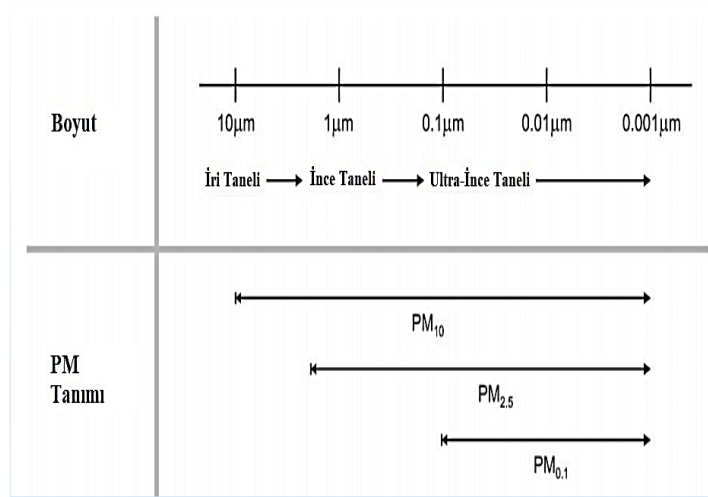
Partikül madde, yere ve zamana bağlı olarak boyut ve bileşim açısından değişkenlik gösteren katı partikül ve sıvı damlacıklarının (aerosoller) bir karışımını tanımlamak için kullanılan jenerik bir terimdir. Bileşenleri ise genel hatları ile;

- Siyah ve organik karbon bileşikler,
- Sülfat (SO_4^{2-}),
- Nitrat (NO_3^-),
- Eser metaller⁶,
- Kabuk materyalleri⁷,
- Deniz tuzu olarak sıralanabilir (Guavera, 2016).

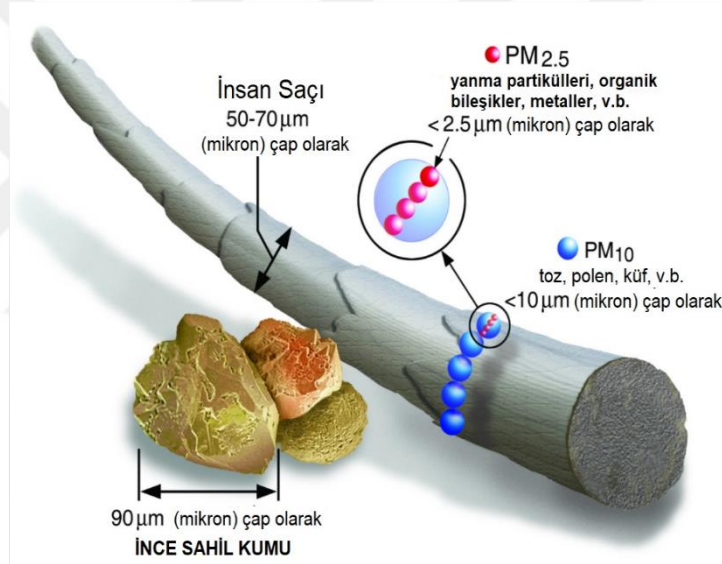
Partikül madde farklı boyutlarda olabilir. Bu tanımlamalar yapılırken maddenin çapı dikkate alınmaktadır. 10 μm 'ye eşit veya daha küçük olanlara PM_{10} , 2,5 μm 'den küçük olanlar ise $\text{PM}_{2,5}$ veya ince parçacıklı olarak adlandırılır. Bunun yanında, 0,1 μm 'den küçük veya eşit olan maddeler $\text{PM}_{0,1}$ (ultra ince parçacıklar) ve 0,05 μm 'den küçük veya ona eşit çapa sahip maddelere ise $\text{PM}_{0,05}$ yani nanopartiküller denmektedir (Shepherd vd. 2004) (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).

⁶ Eser metaller (krom, kobalt, bakır, demir, magnezyum, selenyum ve çinko), insanlarda çok düşük konsantrasyonlarda bulunan inorganik mikro besinlerdir. Eksiklikleri veya artışları belirli sağlık sorunlarına yol açar (Garg ve Smith, 2017).

⁷ Yer kabuğu kıtasal (continental) ve okyanus (oceanic) olarak iki materyalden oluşur. Bu kabuklar birkaç yönden farklılık gösterir. Her ikisi de çoğunlukla magmatik kayalardan meydana gelir ve farklı bileşimlere sahiptirler (Levin ve King, 2013).



Şekil 3.1. Partikül Maddelerin Kökenleri (Mühlfeld vd., 2008)



Şekil 3.2. Partikül Maddelerin İnsan Saçına Göre Kıyaslanması (EPA, 2020)

Kökenleri daha detaylı değerlendirildiğinde partikül madde; antropojenik (insan yapımı) ve doğal kaynaklı (primer PM) veya amonyak, nitrik oksit, sülfür oksit gibi atmosferdeki uçucu organik bileşik kaynaklı olabilir (sekonder PM) (Çizelge 3.1).

Primer PM, ağırlıklı olarak yanma (örn; araç motorları), yüksek sıcaklık işlemleri (örn; eritme ve kaynak gibi endüstriyel operasyonlar) ve ayrıca mekanik bozulma işlemlerinden ve partiküllerin askıya alınmasına neden olan

insan veya rüzgar kaynaklı olaylardan (örn; trafik ve sokak tozunun yeniden süspanse edilmesi) meydana gelebilir. Sekonder PM'ler ise atmosferde gazdan partiküle dönüşüm ve gaz halindeki bileşiklerin önceden var olan aerosol partikülleri üzerinde yoğunlaşmasıyla oluşur. Bu yoğunluk genel olarak sekonder organik/inorganik aerosollere tepki veren ozon, hidroksit ve farklı reaktif moleküllerin nitrik oksit, sodyum oksit, amonyak ve uçucu organik bileşikler (UOB)⁸ ile bir arada bulunmasına bağlıdır (Amato vd., 2014).

3.2. Partikül Maddelerin Kaynakları

Primer ve sekonder PM'lerin kaynakları farklılık göstermektedir. Bu farklılık maddenin bulunduğu konum, görüldüğü dönem ve/veya gün içindeki saatten kaynaklanabilir. Örneğin; konutlardan yayılan ısı kökenli PM'ler yerleşim yerlerindeki ince partikül konsantrasyonunu etkilemektedir.

Konut ısıtması için biyokütle⁹ yakımı, atmosferik kirletici maddelerin ana kaynağıdır ve farklı Avrupa ülkelerinde PM emisyonlarının büyük bir kısmına katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir. Portekiz ve diğer Güney ülkeleri, İsveç, İsviçre, Avusturya, Almanya, Fransa ve Belçika biyokütle yakımının en sık görüldüğü ülkelerdendir (Vicente ve Alves, 2018).

⁸ Uçucu Organik Bileşikler - UOB (Volatile Organic Compounds - VOCs) oda sıcaklığında yüksek buhar basıncına sahip organik kimyasallardır. Bu bileşikler parfüm ve diğer kokular gibi çevre kirliliğinden sorumludur. UOB sadece kirletici değil temelde hayvanlar ve bitkiler arasındaki iletişimde önemli bir rol oynar. Çoğu UOB akut toksik değildir, ancak uzun vadeli kronik sağlık problemlerine neden olabilir (Williams ve Koppmann, 2007).

⁹ Biyokütle, bitkilerden ve hayvanlardan elde edilen yenilenebilir organik maddedir. Biyokütle, 1800'lerin ortalarına kadar toplam yıllık ABD enerji tüketiminin en büyük kaynağıydı. Enerji için kullanılan biyokütle kaynakları arasında; a) odun ve odun işleme atıkları, b) tarımsal ürünler ve atık malzemeler, c) belediye katı atıklarındaki ve d) hayvan gübresi ve insan kanalizasyonundaki biyojenik malzemeler gösterilebilir.

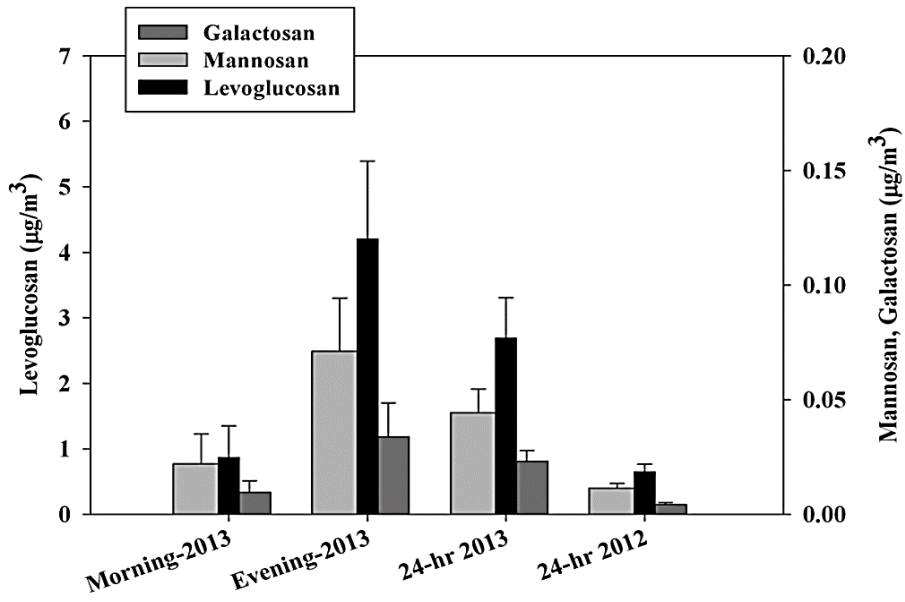
Çizelge 3.1. Çaplarına Göre PM Kaynakları ve Ana İçerikleri (Pernigotti vd., 2013)

PM Fraksiyonları	Kaynakları	PM İçerikleri
İri Taneli Partiküller (PM ₁₀)	Tarım Aktiviteleri	Tarımsal Ürün, Organik Karbon
	Trafik Resüspansiyonu	Yol Tozu
	Rüzgar ile Uçuşan Tozlar/İnşaat ve Maden Aktiviteleri/Endüstriyel Resüspansiyon	Si, Al, Ti, Fe
	Lastik ve Fren Aşınması	Cu, Zn
	Enerjide yanma ve üretim endüstrileri (Kömür, Kok Kömürü, Ağır Yakıt)	Elemental Karbon
	Kara Rüzgar Yangını ve Volkanlar	Volkan Külleri ve Yanmış Organik
	Biyolojik Kaynaklar	Bitki Birikintileri, Mantar Sporları
	Okyanus Püskürtme	Na, Cl, Mg
İnce Taneli Partiküller	Dizel Yakıtlı Motorlar	Siyah Karbon
Ultra-İnce Taneli Partiküller (PM _{0,1})	Biyokütle Yanması	Organik Karbon, Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ¹⁰
	Deniz Trafığı	Siyah Karbon, Organik Karbon, SO ₄ ⁻²
	Enerjide Yanma ve Üretim Endüstrileri	Pb, Cd, As, Cr, V, SO ₄ ⁻²
	Metalik Olmayan Süreçler	Si, Al, Fe
	Metal İşleme Faaliyetleri	Pb, Cd, Cr, Zn

Saffari ve arkadaşları (2013), Yunanistan'ın Selanik şehrinde 2012 ve 2013 yılları arasında evsel odun yanması sonucu PM_{2,5} konsantrasyonunda %30'luk bir artış bulmuşlardır. Çalışmaya göre, akşam saatlerinde elde edilen numuneler

¹⁰ Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), iki veya daha fazla kaynaşmış aromatik halkaya sahip büyük bir organik bileşikler grubudur. Suda nispeten düşük bir çözünürlüğe sahiptirler, ancak oldukça lipofiliktirler. Havada buhar basıncı düşük olan PAH'ların çoğu partiküller üzerinde adsorbe edilir (Srogi, 2007).

(Galactosan, Mannosan ve Levoglucosan) (%74) sabah saatlerinde elde edilmiş numunelere (%58) göre daha yüksek oranda organik madde içermektedir (Şekil 3.3). Bunun sebebinin, akşam saatleri ısıtma için daha fazla odun ve biyokütle kullanılmasına bağlamaktadır. Ayrıca, konut akaryakıtının yanması ve endüstriyel faaliyet anlamına gelen vanadium (V) ve nikel (Ni) konsantrasyonları, 2012'ye kıyasla 2013'te %30-40 daha düşük olduğu görülmüştür.

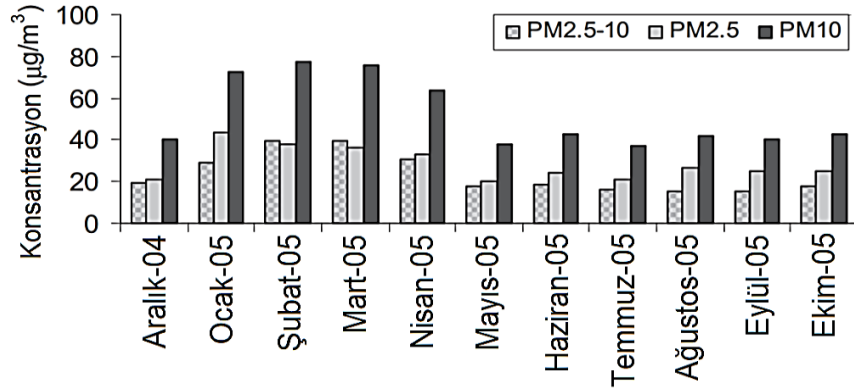


Şekil 3.3. Selanik'teki PM_{2,5} Örneklerinde Organik Odun Dumanı İzleyici Ortalamaları (µg/m³) (Saffari vd., 2013)

Zonguldak ilinde Aralık 2004 ile Ekim 2005 arasında Dichotomous Örnekleyici (Dichot)¹¹ kullanılarak yapılmış bir çalışmada, ortalama PM_{2,5}, PM_{2,5-10} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının sırasıyla 29,38 µg/m³, 23,85 µg/m³ ve 53,23 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM_{2,5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının ısıtma mevsimlerinde (Aralık-Mayıs) yaz mevsimine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca;

¹¹ Dichot, gravimetrik ölçüm yöntemiyle günlük ortalama PM_{2,5} konsantrasyonunu belirlemek için 24 saat boyunca aerosollerini toplayan manuel bir PM₁₀ FRM (federal referans yöntemi) örnekleyicisidir. Toplanan numuneler, olası PM_{2,5} kaynaklarını belirlemek için kimyasal bileşimler açısından da analiz edilebilir. Ek olarak, Dichot hem PM_{2,5} hem de kaba partikül numunelerini toplar (Liu vd., 2013).

bağıl nem, bulanıklık ve düşük sıcaklık artışı gibi epizodik olayların da PM artışıyla ilişkili olduğu görülmüştür (Tecer vd., 2008).



Şekil 3.4. Aylık Farklı PM Konsantrasyon Ortalamaları (µg / m³) (Tecer vd., 2008)

Karayolu taşımacılığı, kentsel alanlarda PM'nin ana kaynaklarından biridir. 2013 yılında tek başına karayolu taşımacılığı, EU-28¹² bölgesindeki toplam primer PM₁₀ emisyonunun %12'sinden, toplam primer PM_{2,5} emisyonunun ise %13'ünden sorumluydu. Bununla birlikte, şehir düzeyinde bu düzey %40-50'ye kadar çıkabilir ve ana kentsel emisyon kaynağını oluşturur (Guevara vd., 2013).

Karayolu taşımacılığı ayrıca; araçlar ile yol yüzeyi arasındaki etkileşimler ve PM emisyonlarının salınmasına neden olabilecek fren kullanımını da içermektedir. Bunlar egzoz dışı emisyonlar olarak bilinir:

- Lastik aşınması
- Fren aşınması
- Yol yüzeyi aşınması
- Resüspansiyon (Nussbaumer vd., 2008).

Soylu (2007)'nin COPERT III¹³ ile yaptığı bir çalışmada; Türkiye karayolu taşımacılığında kaynaklanan küresel/yerel emisyon miktarlarını ve emisyon

¹² EU-28, ekonomik ve siyasi bir blok olarak faaliyet gösteren (Belçika, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Almanya, Estonya, İrlanda, Yunanistan, İspanya, Fransa, Hırvatistan, İtalya, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Macaristan, Malta, Hollanda, Avusturya, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovenya, Slovakya, Finlandiya, İsveç, Birleşik Krallık) 28 Avrupa Birliği ülkesinin kısaltması.

¹³ COPERT, sera gazı emisyon miktarlarını tahmin eden AB standartlarında bir programdır. Karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitrikoksit (N₂O) ve yerel emisyonları, karayolu taşıma

azaltma stratejilerinin emisyonlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre; Türkiye karayolu taşımacılığında kaynaklanan toplam CO₂ eşdeğeri emisyonları 51.368,77 kton olup, bunun %71,8'i CO₂ emisyonlarından %21,7'si ise NO_x emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Yerel kirleticiler değerlendirildiğinde, binek otomobiller; CO, HC ve Pb emisyonlarından, ağır hizmet araçları ise PM, NO_x ve SO₂ emisyonlarından sorumlu olduğu görülmüştür.

Egzoz trafik emisyon miktarının belirlenmesi; motor tipine, motor yaşına, son işlem teknolojisine, yakıt özelliklerine, aracın bakım seviyesine, ekolojik koşullara ve sürüş koşullarına bağlıdır. Her iki yaklaşımın kullanımı sonucunda, dizel araçlardan gelen özellikle ağır hizmet dizel araçlarının PM emisyon oranlarının, benzinli araçlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir (Kousoulidou vd., 2013).

Enerji santralleri ve rafinerilerden elde edilen enerji ve imalat endüstrilerinden kaynaklanan emisyonlar, EU-28 bölgesinde ikinci en yüksek primer PM₁₀ (%28) ve PM_{2,5} (%21) kaynağını oluşturmaktadır.

Endüstriyel PM'yi meydana getiren üç ana mekanizma vardır:

- i. Geleneksel kazanlar, gaz türbinleri, pistonlu motorlar veya diğer yanma cihazlarından kaynaklı yakıt yakma işlemleri (örn; kömür, yağ, kok).
- ii. Ham maddelerin mekanik olarak işlenmesi (metal olmayan endüstriler) veya döküm işlemleri (demir ve çelik endüstrileri) gibi yanma dışı süreçler.
- iii. Tozlu hammaddelerin (örn; klinker, çimento) taşınması ve depolanması.

Yanma süreçlerinden kaynaklanan PM emisyonları temel olarak kullanılan yakıt türü ve teknolojiyle karakterize edilir. Meteorolojik parametreler (örneğin sıcaklık, basınç) atmosfere salındıktan sonra dikey dağılımlarında ve müteakip

araçlarından salınan karbon monoksit (CO), nitrojen oksitler (NO_x), PM, kurşun (Pb) ve kükürt dioksit (SO₂) gibi yakıtla ilgili emisyonların ölçümünde kullanılır (Soylu, 2007).

ulaşımlarında da önemli bir rol oynar. Kül içeriğine sahip yakıtlar (yani kömür, petrol ve kok), primer PM yayma konusunda en yüksek potansiyele sahiptir. Ayrıca, kamu elektrik ve ısı üretim tesisleriyle ilgili yanma işlemleri, primer PM₁₀ ve PM_{2,5} emisyonlarına etkisi %4'tür. Bu katkı, farklı enerji üretim sistemleri nedeniyle büyük ölçüde bir ülkeden diğerine değişiklik göstermektedir. Yanma kaynaklı olmayan emisyonlar ise metal olmayan mineral ve demir-çelik endüstrileriyle ilişkilidir (Soylu, 2007).

Amoatey ve arkadaşları (2017)'nın sekiz yıllık saha çalışma sonuçlarına göre; PM, SO_x ve NO_x ile birlikte petrol endüstrileri tarafından en çok hava kirliliğine neden olan maddeler arasındadır. Çizelge 3.2'de farklı şehirlerde farklı modellemeler ile belirlenmiş PM₁₀ miktarları verilmiştir. Çalışmaya göre 24 saatte 0,45 g/m⁻³ ile saatte 785 g/m⁻³ arasında değişen PM₁₀ oranları toksiktir ve kardiyovasküler hastalıklar olmak üzere pek çok sağlık problemine de neden olmaktadır.

Çizelge 3.2. Ükelere Göre Petrol Endüstrilerinde PM₁₀ Emisyonu (Amoatey vd., 2017)

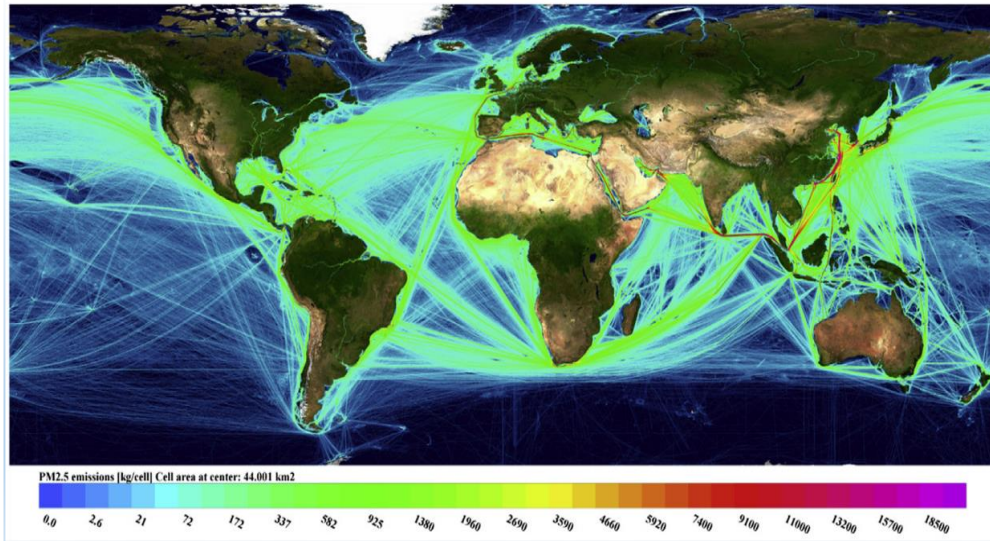
Çalışma Konumu	Endüstri	Model	Kirletici Madde
Puente Maryoga (İspanya)	CEPSA Rafinerisi	PM ₁₀ Örnekleyici	PM ₁₀ (24 saatte; 31 g/m ⁻³)
Aseluye (İran)	Belirtilmemiş	Monitör İstasyonları	PM ₁₀ (saatte 785 g/m ⁻³)
Altamira (Meksika)	Belirtilmemiş	PM ₁₀ Örnekleyici	PM ₁₀ (24 saatte; 92 g/m ⁻³)
Arjantin	Belirtilmemiş	TOEM Monitörleri	PM ₁₀ (24 saatte; 0,45 g/m ⁻³)
Warri (Nijerya)	Warri Rafinerisi	ISCST3	PM ₁₀ (24 saatte; 1,7 g/m ⁻³)

Deniz trafiği, Avrupa ekonomisinin önemli bir bileşenlerinden biridir. Diğer ulaşım yöntemlerine kıyasla gemi trafiğinin yakıt tasarrufu daha fazladır. 1995-2012 döneminde gemi kullanımı %20'den fazla artış göstermiş ve 2012'de denizcilik sektörü, karayolu taşımacılığından (1401 milyar t/km) hemen sonra

EU-28'de en çok kullanılan ikinci yük taşımacılığı yöntemi olmuştur (1692 milyar t/km) (Guevara, 2016).

Deniz taşımacılığı, kıyı bölgelerinde özellikle Kuzey Denizi ve Akdeniz havzasında primer PM ve hava kalitende bozulmaya en büyük etkenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Genellikle şehirlerin yakınında bulunan liman bölgelerinde meydana gelen gemi manevraları ve otelcilik operasyonlarının primer PM emisyonlarına büyük ölçüde katkıları vardır (Gregoris vd., 2016).

Johansson ve arkadaşları (2017) STEAM¹⁴ yöntemi kullanarak Dünya üzerinde gemi taşımacılığı kaynaklı emisyonu zamansal ve mekansal olarak ölçtükleri bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre; IMO (International Maritime Organization) tescilli deniz trafiği, emisyonların (CO_2 = %91 ve $PM_{2,5}$ = %93 olmak üzere) emisyonlarının çoğundan sorumludur (Şekil 3.5).

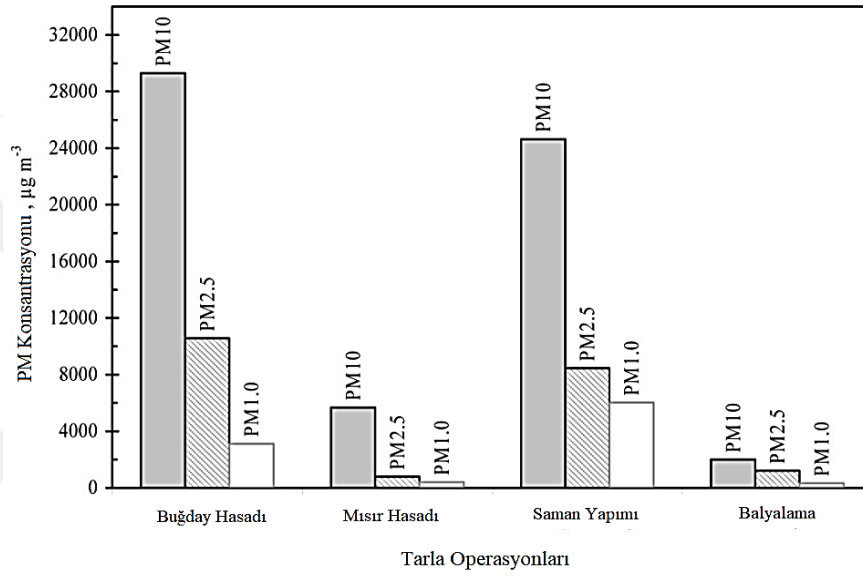


Şekil 3.5. 2015 yılı Deniz Nakliyesi Kaynaklı $PM_{2,5}$ Emisyonlarının Dağılımı (Johansson vd., 2017)

Tarımsal faaliyet kökenli PM'ler ise; gübre uygulaması, gübre yönetimi ve hayvan barınağı dahil olmak üzere tarımsal faaliyetleri kapsamaktadır. Yapılan araştırmalar bu faaliyetlerin özellikle Avrupa'da NH_3 'de (sekonder PM) görülen artış ile ilgili olduğunu belirtmektedirler. Mevcut bazı araştırmalara göre,

¹⁴ STEAM modeli, AIS tabanlı bilgileri ve dünya filosunun ayrıntılı teknik bilgilerini deniz mimarisi ilkeleri ile birleştirir.

hasatla birlikte tarımsal arazi operasyonlarının (örneğin, çiftçilik ve tırmıklama) toz bulutları oluşturabileceğini ve bu tozun iri taneli partikülleri taşıdığını göstermiştir. Bu faaliyetlerin toplam PM₁₀'un yaklaşık %5'ini oluşturduğu düşünülmektedir. Arslan ve arkadaşları (2010)'nın yaptıkları bir araştırmaya göre, buğday hasadı (29300 µg m⁻³) ve saman yapımı (24640 µg m⁻³) sırasında gravimetrik¹⁵ olarak ölçülen PM₁₀ konsantrasyonlarının "İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA)" eşiğinden (15000 µg m⁻³) oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 3.6).

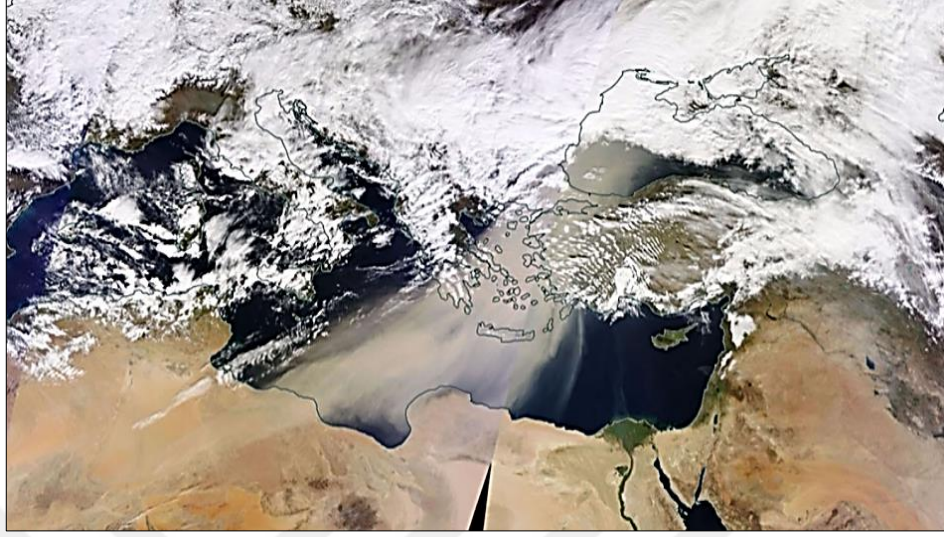


Şekil 3.6. Tarımsal İşlemlerde PM (Organik) Maruziyeti (Arslan vd., 2010)

Doğal kaynak kökenli PM'ler ise doğrudan veya dolaylı insan faaliyeti içermeyebilir. Bu faaliyetler toplam PM emisyonlarına yüksek katkı sağlar. Bu kategori altında yer alan kaynaklar ise; rüzgârla savrulan (çöl ve yerel) toz, deniz tuzu aerosoller, volkanlar, birincil biyolojik aerosol parçacıkları ve orman yangınlarıdır (Liora vd., 2015). Rüzgârla savrulan toz, rüzgarın etkisiyle üretilen ve taşınan kaçak tozu tanımlar. Başlıca toz kaynakları Kuzey Afrika'da bulunmaktadır ve Sahra kaynakları dünyadaki en aktif kaynaklar olarak kabul edilmektedir (Ginoux vd., 2004). İstanbul özelinde değerlendirmek gerekirse, 01/02/2015 tarihinde Kuzey Afrika'dan Karadeniz'e sürekli bir toz akışı halinde

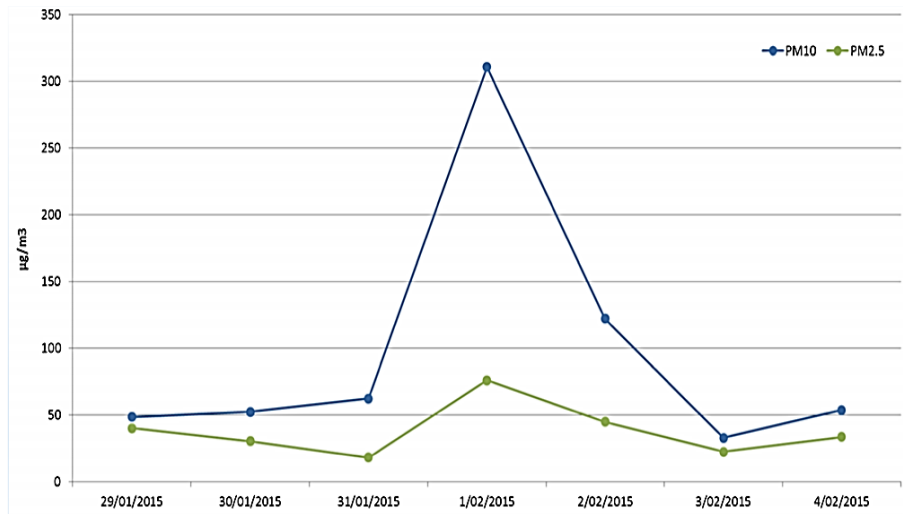
¹⁵ Gravimetrik analiz, analiz edilen iyon miktarının kütle ölçümü yoluyla belirlenebildiği bir tekniktir. Gravimetrik analizin arkasındaki temel ilke, saf bir bileşikteki belirli bir iyonun kütlesinin belirlenebilmesi ve daha sonra aynı iyonun bilinen miktarda saf olmayan bir bileşikteki kütle yüzdesini bulmak için kullanılabilmesidir (Yoder, 2017).

olmuştur. Bu yük, Libya kıyılarından başlayarak Ege Denizi ve Batı Türkiye üzerinden hareket ederek Karadeniz'e ulaşmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. 01/02/2015 Tarihinde Sahara Çölü'nden Taşınan Toz Yükünün Uydu Görüntüsü (Çapraz ve Deniz, 2020)

Çapraz ve Deniz (2020)'in Sahara'dan başlayan toz yükünün İstanbul üzerindeki PM_{10} ve $PM_{2,5}$ konsantrasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada; özellikle bu tarih ve sonrasında PM_{10} konsantrasyonunda ciddi bir artış olduğunu göstermişlerdir (Şekil 3.8). Benzer artışın $PM_{2,5}$ 'da görülmemesini ise araştırmacılar, PM_{10} 'un yani iri parçacıkların daha yüksek yerçekimi çökme hızları olduğunu ileri sürmektedirler.



Şekil 3.8. 01/02/2015 Tarihinde Sahara Çölü'nden Taşınan Tozun İstanbul'daki PM_{10} ve $PM_{2,5}$ Konsantrasyonu Üzerine Etkisi (Çapraz ve Deniz, 2020)

Çapraz ve Deniz (2020)'in araştırması yılın belli bir dönemini kapsamaktadır. Yıl genelinde değerlendirildiğinde çöl tozları Mayıs ayında en yüksek seviyeye ulaşmakta ve düşünüldüğünün aksine vejetasyon üzerine olumlu etkileri de bulunmaktadır. Özellikle, buğday üretimi ile çöl tozları arasındaki ilişkinin değerlendirildiği Ezzati (2009)'nin çalışmasında, "Olgunlaşmakta olan buğday bitkisi üzerine çökelen tozların içerisindeki minerallerle bitkinin beslenmesine katkıda bulunduğu doğal, organik gübre etkisi yaptığı" görülmüştür (Bağcı ve Şengün, 2012).

3.2.1. İstanbul şehrinde PM₁₀ konsantrasyonu

İstanbul'daki hava kirliliği sorunu 1980'lerden itibaren artış göstermiştir. İstanbul, evde ısınma ve endüstri için fosil yakıtların yakılmasıyla ilgili partikül ve SO₂ sorunları 1980'lerin sonları ile 1990'ların başlarında ortaya çıkmıştır. Yakıt ikame politikasının ardından, şehirdeki partikül madde ve kükürt dioksit konsantrasyonları giderek azalmakla beraber, bugün İstanbul, emisyon kaynaklarına bağlı olarak ikincil partikül sorunu ve NO_x sorunları ile karşı karşıyadır. İlk olarak, İstanbul'daki PM₁₀ ve SO₂ kirleticilerin meteoroloji, emisyon kaynakları, mekansal veya zamansal değişimleri incelenmeye başlanmıştır (Ozgen Alemdar, 2020).

İstanbul, kalabalık nüfusu ile dünyanın önemli ve tarihi bölgelerinden biri olup 5461 km² alana ve 39 ilçeye sahiptir. Bunun yanında, İstanbul Türkiye'nin endüstriyel, kültürel ve finans merkezidir. İstanbul'daki emisyon kaynakları zaman içinde önemli değişiklikler göstermiştir. İncecik ve İm (2012)'a göre, günümüzde endüstriyel süreçler, biyogenik emisyonlar, ısınma, yol tozu ve trafik önemli emisyon nedenleridir. Bu yüzden, şehrin ısınması ve endüstrisi yirmi yıl öncesine kadar şehirdeki ana emisyon kaynağı olmuştur.

Türkiye'de 2019-2023 yılları arasında yürürlükte olan Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre günlük PM₁₀ konsantrasyon sınır değeri 50 µg'dır. PM₁₀, konsantrasyon değerinin 50 µg'dan yüksek olduğu tüm veriler tanımlamıştır. Bununla birlikte, EPA standartları dikkate alındıktan sonra, 24 saatlik ortalama PM₁₀'un 100 µg'ı aştığı günler de tanımlanmıştır (Lee, vd., 2011).

3.3. Partikül Maddenin Kişisel ve Toplum Sağlığı Üzerine Etkileri

Partikül madde kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar çoğunlukla solunum rahatsızlığı ile ilişkilidir. Bunun yanında, son zamanlarda PM₁₀'un önemli riskleri arasında; düşük doğum ağırlığı¹⁶, fetal büyüme, erken doğum, DNA hasarı/mutasyonlar, konjenital (doğum ile gelen) kalp hastalıkları, iskemi¹⁷, inflamatuvar reaksiyonlar, bebek ölümleri, oksidatif stres ve ateroskleroz¹⁸ da bulunmaktadır (Mukherjee ve Agrawal, 2017).

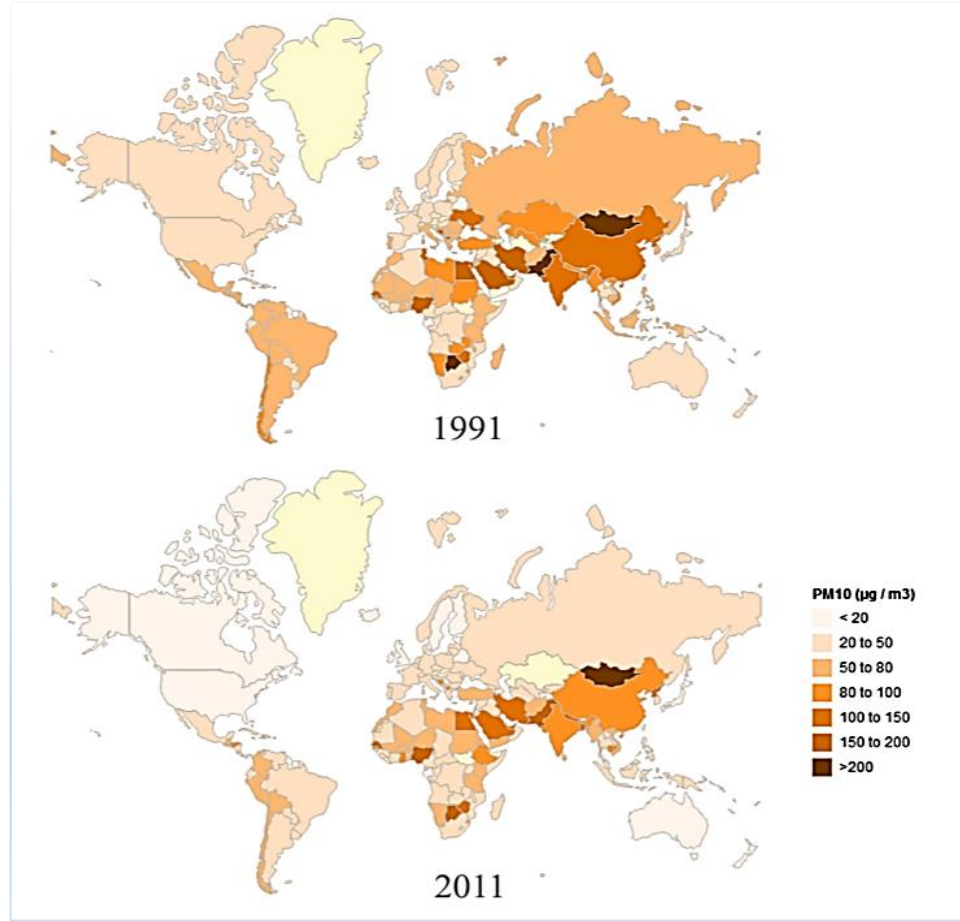
PM kaynaklı hastalıklarda artış ile ilgili Dünya Sağlık Örgütü ilk araştırmasını 1987 yılında yapmıştır (WHO, 2006). Bu tarihten itibaren özellikle gelişmekte olan ülkeler PM_{2,5} ve PM₁₀ emisyonları üzerine yaptırımlara gitmiştir. Bunun sonucunda, küresel ortam partikül model verileri son yirmi yılda küresel PM₁₀ seviyesinde %22'lik bir azalma (Şekil 3.9) meydana geldiğini ve bunun çoğunlukla gelişmiş ülkelerde olduğu görülmüştür (Pandey vd., 2006).

Partikül madde etkili hastalıklar temel olarak iki eksenle değerlendirilebilir: Solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler hastalıklar. Solunum yolu hastalıkları PM kaynaklı ilthaplardan kaynaklanır. Alveolar makrofajlar (akciğer bağışıklık sistemi hücreleri) ve pulmoner epitel hücreleri, solunan zararlı bileşiklere karşı ilk savunma hattını oluşturmaktadır ve PM'ye maruz kalma üzerine iltihabi reaksiyonların başlamasında etkilidirler. Bu reaksiyonlar, bağışıklık sistem hücreleri arasında karmaşık bir ağda çalışan elemanların sağlıklı üretimini ve salınmasını neden olurlar (Schwarze vd., 2006).

¹⁶ Düşük doğum ağırlığı, Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2500 g'dan daha düşük bir doğum ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Bu değerin altında doğum ağırlığına özgü bebek ölüm oranı artış göstermektedir (Saugstad, 1981).

¹⁷ İskemi, vücudun bir kısmına oksijenli kan tedarikinin azalmasıdır. Bu durum, iskemik kalp hastalığında olduğu gibi ağrı ve organ disfonksiyonu ile karakterizedir (O'Toole, 2016, p: 997).

¹⁸ Ateroskleroz, atardamar duvarlarının iç katmanlarında sarımsı kolesterol, diğer lipidler ve hücre artıklarıyla karakterize yaygın bir bozukluktur (O'Toole, 2016, p: 153).



Şekil 3.9. 1991 ve 2011 Yılları PM₁₀ Konsantrasyonları (kg/m³) (Pandey, 2006)

Martin ve arkadaşları (2005) bir çalışmada, PM'nin hücreler için toksik olabileceğini ve hem planlı hem de nekrotik¹⁹ hücre ölümüne neden olabileceğini göstermiştir. PM'nin neden olduğu hastalıklarda hücre ölümü hem akut sağlık etkilerinin hem de kronik akciğer hastalıklarının iltihaplanması ve gelişmesinde rol oynayabilir.

Akciğer kanseri ile ilgili olarak, hayvan çalışmaları, farklı PM türlerinin - özellikle dizel egzoz partiküllerinin - insanlarda kanser gelişimine neden olduğuna dair kanıtlar elde edilmiştir. Raaschou-Nielsen ve arkadaşları (2013)'nın 2008-2011 yılları arasında 17 Avrupa ülkesinde yaptıkları kapsamlı bir meta-analiz çalışmasında PM₁₀ ile akciğer kanseri arasında bağlantı olduğu görülmüştür.

¹⁹ Morfolojik olarak nekrotik hücre ölümü, planlı hücre ölümünden oldukça farklıdır. Nekroz sırasında hücreler önce şişer, ardından plazma zarı çöker ve hücreler hızla parçalanır (Proskuryakov vd., 2003).

PM'nin kardiyovasküler hastalıkları nasıl etkileyebileceğini açıklamak için farklı hipotezler ileri sürülmektedir. Donaldson ve arkadaşları (2001) ultra-ince parçacıkların ($PM_{0,01}$), metal ve organik maddeler gibi parçacıklardan çözülen bileşenlerin veya akciğerdeki iltihaplı maddelerin dolaşım sistemine girebileceğini ve böylece, ilk karşılaşılan hedef organ yani kalbi etkilediğini ileri sürmektedir. Bazı deneysel çalışmalar ise, PM'nin kalp atış hızı değişkenliği üzerinde bir etkisi olabileceğini ve bunun da özellikle yaşlı bireylerde ritm bozukluğu riskini arttırdığını göstermiştir (Pope 3rd vd., 2004). Diğer kanıtlar, kandaki pıhtılaşma süreçlerinde PM'nin neden olduğu değişikliklere işaret eder (örn; miyokard enfarktüs).

Dünya Sağlık Örgütü (2018)'ne göre; maruziyeti 10 g/m^{-3} 'ten az olacak şekilde ayarlanan ortam havası kirleticileri (örn; SO_2 , NO_2 , $PM_{2,5}$ ve PM_{10}) ekonomik faydaları da olabilir. PM_{10} maruziyetinin $3,3 \text{ g/m}^{-3}$ 'e indirilmesi; 36 erken ölümü, 215 kardiyovasküler hastalık nedeniyle hastanede yatışı ve yılda 36 milyon İsviçre Frangı'na eşit olan 47.000 kısıtlı iş gününü de önleyebilir.

4. KENTSEL YEŞİL ALAN KAVRAMI

Kentsel yeşil alanlar, doğal veya yarı doğal ekosistemlerin insan etkisiyle kentsel mekanlara dönüştürülmesiyle oluşan kentsel alanlardır. Kentsel yeşil alanlar, kent ve doğa arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu bağlamda yeşil alanlar, şehirleri çevreleyen doğal veya yarı doğal alanların kent ortamındaki yansımalarıdır. Yeşil alanlar daha çok şehir çevresindeki peyzajların devamı niteliğindedir. Ayrıca kentsel yeşil alanlar, kullanıcıların çok sayıda ihtiyacını karşılamakla birlikte ekolojik açıdan da birçok fayda sağlamaktadır (Bilgili ve Gökçer, 2012). Kentsel Yeşil alanlar, şehir ve planlama alanlarında doğal veya insan yapımı bitki örtüsü ile kaplı arazi kullanımları ve arazi örtüsünü ifade etmektedir. Kentsel Yeşil Alan Sistemi (KYAS) ise kentsel alanlarda genellikle vejetasyon ve doğal elemanlarla kaplı açık alanlar olarak tanımlanmıştır (Tuzin vd., 2002).

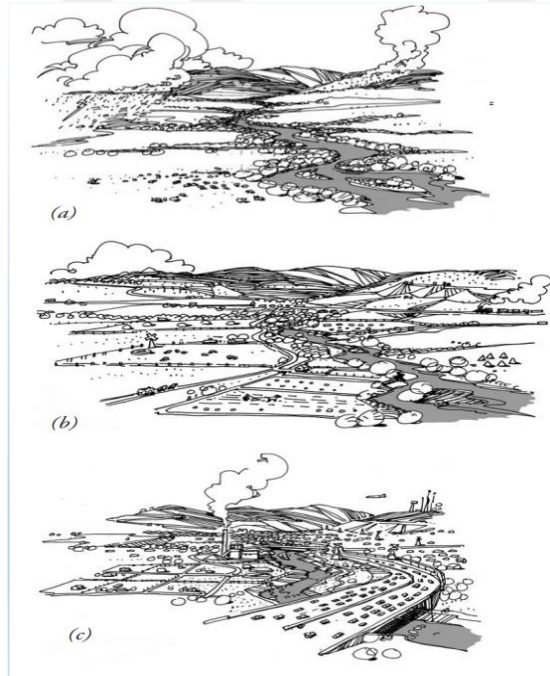
Özellikle ekoloji, ekonomi, sosyal bilimler, uygulamalı bilimler ve planlama gibi temel alanlarda araştırma konusu olan kentsel yeşil alanlar (KYA), doğrudan (örn; aktif veya pasif rekreasyon) veya dolaylı (örn; kentsel çevre üzerinde olumlu etki) olarak kullanıcılar için mevcut olan, öncelikle bitki örtüsüyle kaplı kamusal ve özel açık alanlar olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalarda, yeşil alanların doğasını belirlemek için üç temel faktör dikkate alınmaktadır:

- i. Şehir kapsamındaki yeşil alan miktarı,
- ii. Faaliyetler ve deneyimler gibi mevcut nitelikler ve kullanıcılarca algılanan faydalar,
- iii. Tüm şehirdeki konum ve dağılımları ile bu alanların işlevselliği (erişilebilirlik) (Haq, 2015).

Yüz yıldan uzun bir süredir insanlar yeşil alanlar tesis etmektedir. Kuzey Amerika'da 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında; şehir parklarını birbirine bağlamak için park yolları oluşturulmuştur. Aynı dönemde, bazı şehirleri çevrelemek ve kentsel yayılmayı sınırlamak için geniş yeşil kemerler tasarlanmıştır. Ancak, bu değişiklikler kademeli olmadığı için o dönemlerde

nicel etkileri fark edilememiştir (Odum, 1982). Ancak 60'lı yıllardan sonra ekolojik planlamacılar ve peyzaj mimarları, su yollarının ve çok sayıda önemli ekolojik fonksiyonu içeren yeşil koridorların önemini ve mevcut sistemlerin korunma ihtiyacını fark etmişlerdir.

Kentsel ortamlarda insanların kullanım ihtiyacına bağlı olarak değişim gösteren strüktürler (yerleşim alanı, ulaşım ağları vb.) peyzajda adım adım yapaylığa doğru giden bir dönüşüm süreci yaşamasına sebep olmuştur (Şekil 4.1). Şehirleşme ile birlikte gelen bu dramatik dönüşüm, kentsel yeşil alanların ve yeşil koridorların korunup geliştirilmesi ihtiyacını günümüze kadar taşımıştır. Bu dönüşümlerin sebep olduğu olumsuz etkiler, söz konusu peyzajın strüktürel ve fonksiyonel bütünlüğünün sağlanmasıyla bertaraf edilebilmektedir. Bu nedenle yeşil sistem ve yeşil koridorların tasarlanması ve geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Ayrıca, metropol bölgelerinde kalkınmanın kaçınılmaz olduğu varsayılırsa, yeşil alanlar doğal özelliklerin kaybını önlemekle birlikte olumlu sosyal işlevlerin geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Hellmund ve Smith, 2006).



Şekil 4.1. Batı Kuzey Amerika'da Gelişmekte Olan Bir Peyzajın Evrim Süreci. (Hellmund ve Smith, 2006)

Yeşil alanlar belirli özellikleri paylaşa da tür ve formlarının çeşitliliği bakımından farklılıklar göstermekte ve çeşitli faydalar sağlamaktadır. Bu yararlar; çevresel, ekonomik/estetik ve sosyal/psikolojik olarak üç ana başlık altında özetlenebilir.

KYA'ların çevresel yararları Heidt ve Neef (2008)'e göre biyolojik çeşitliliğin korunması ve kentsel iklimin düzenlenmesi olarak tanımlanmıştır. Kırsal alanlardan farklı olarak kentsel alanlarda; güneş girdisi, yağış düzeni ve sıcaklık değişimleri olağandır. Güneş ışığı, hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve bağıl nem şehirlerdeki yapıli çevreye bağıli olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir. Bu nedenle, yeterli düzeyde orman sahasının tesisi, kent sakinlerinin evlerinin çevresinde nitelikli bitki örtüsü oluşturmaları, su kaynaklarının yetkililer tarafından sürdürülebilirlik esaslarına göre yönetilmesi, çevresel yararın artırılması için yapılan çalışmalar arasındadır.

KYA'ların çevresel yararlarından biri de şehirlerdeki ses ve hava kirliliğini azaltmasıdır. Üçüncü bölümde detaylı olarak açıklandığı gibi kirlilik, partikül madde ve biyolojik malzeme içeren kimyasallardır. Kentsel alanlarda çok sayıda motorlu taşıtın varlığı, endüstri alanları ve meskenler; gürültü ve CO₂, SO₄ ve PM gibi hava kirleticilerini üretir. Bolund ve Sven (1999)'e göre nitelikli bir kentsel bitkilendirme ile toz/duman partiküllerinin bitki örtüsü tarafından tutulması sağlanmakta ve doğrudan hava kirletici maddeleri indirgenmektedir (Haq, 2011).

Enerji tasarrufu ve mülk değeri KYA'ların ekonomik ve estetik yararları arasındadır. Örneğin, bitkilendirme ile serinleme için kullanılan enerji maliyetini düşürülmesi, özellikle ılıman iklimli şehirlerde binaların masraflarını düşürmüştür. Bitkilerin hava sirkülasyonunu iyileştirici ve soğutucu etkisi hava sıcaklıklarının düşürülmesine yardımcı olmaktadır.

Sorensen v.d. göre (1997), şehrin yeterli yeşil alana sahip olan kısımları, hem bölge sakinleri hem de yatırımcılar için estetik açıdan hoş ve çekici olmaktadır. Örneğin, geçmişte Singapur ve Malezya'daki Kuala Lumpur'un güzelleşmesi,

hızlı ekonomik büyümeye yardımcı olan önemli yabancı yatırımları çeken faktörlerden biri olmuştur (Haq, 2011).

İnsanlar rekreasyonel ihtiyaçlarının çoğunu yaşadıkları bölgede karşılar. Bu yüzden, KYA'lar rahatlama ve duygusal sıcaklık sağlamak için önemli bir kaynak görevi görür. KYA'ların sosyal ve psikolojik yararlarından biri de stres seviyesindeki düşüştür. Grahn ve Stigsdotter (2003)'ın İsveç'te yaptıkları bir araştırmaya göre, insanların KYA'larda geçirdikleri süre ile stres seviyeleri ters orantılıdır. Bunun yanında, Sorensen ve arkadaş (1997)'larına göre KYA'lar bitki örtüsü ile hava kalitesini iyileştirdikleri için solunum hastalıklarında azalma gibi fiziksel sağlık üzerinde olumlu bir etkilere de sahiptir.

KYAS tipleri hakkında belli bir fikir birliği olmasa da gerek fonksiyonel gerekse strüktürel yapıları itibariyle peyzaj ekolojisi ve kent ekosistemi ile ilgili yapılan çalışmalarda çeşitli kategoriler altında araştırmanın amacına uygun olarak sınıflandırılarak değerlendirilmişlerdir.

Hellmund ve Smith (2006), çizgisel ve baskın karakterlerinden ötürü yeşil sistemlerin en önemli bileşenlerinden olan yeşil yollar ve benzeri strüktürler ile ilgili yapılmış olan belli başlı araştırmaları ve tanımlamaları, kullanım amaçları doğrultusunda sınıflandırarak Çizelge 4.1'de görüldüğü şekilde derlemiştir.

Çizelge 4.1. Yeşil Yol ve Benzeri Tanımlara Yönelik Sınıflandırma (Hellmund ve Smith, 2006)

Terim	Amaç ve Durum	Örnek
Biyolojik Koridor	Yaban hayatı hareketini koruma ve doğayı korumanın diğer yönlerini uygulama	Orta Amerika'dan geçen Mezoamerikan Biyolojik Koridoru
Biyohendek	Fırtına akışından kaynaklı kirleticileri filtreleme	Seattle'ın kuzeybatısındaki Street Edge Alternative (SEA) projesi
Muhafaza Koridoru	Biyolojik, su kalitesini koruma ve/veya sellerin etkilerini azaltma	Güneydoğu Wisconsin çevre koridoru

Dağılım Koridoru	Göç ve yabanıl hayat hareketlerini kolaylaştırma	Chesapeake Körfezi'ndeki mavi yengeç için deniz dağılım koridorları
Ekolojik Koridorlar	Hayvan, bitki veya diğer ekolojik süreçlerin hareketini kolaylaştırma	Kuzey Andean Patagonya Bölgesel Eko-Koridor Projesi
Ekolojik Ağlar	Hareket ve ekolojik süreçleri kolaylaştırma	Orta ve Doğu Avrupa Pan-Avrupa Ekolojik Ağı
Çevre Koridoru	Ekolojik kaliteyi koruma	Güneydoğu Wisconsin Çevre Koridorları
Yeşil Kemerler	Metropol büyümesini kısıtlamak veya yönlendirmek için doğal veya tarım arazilerini koruma	Colorado Yeşil Kemerleri, Londra Yeşil Kemerleri
Yeşil Uzantılar	Konut sakinlerinin günlük yaşamlarında doğayla temasa geçme	Nanjing, Çin
Yeşil Çerçeve	Bir metropol veya daha büyük bir alan için bir yeşil alan ağı sağlama	San Mateo Şehri, California
Yeşil Altyapı	Gri altyapı ile eşit şekilde birden çok yeşil alanı koruma	Maryland Greenprint Programı
Yeşil Parmaklar	Yağmur suyunu biyohendekler yoluyla arındırma	Buffalo bataklığı ve ötesi, (Houston, Texas)
Yeşil Bağlantılar	Ayrı duran yeşil alanların birleştirilmesi	Britanya Columbia'nın aşağı anakarasında izole habitat parçalarını birbirine bağlama (Yeşil Bağlantılar Girişimi)
Yeşil Alan	Yeşil alanları gelişen bölgelerden koruma	Kuzey Amerika (açık alanlar)
Yeşil Yapı	Yeşil alanların birleştirilmesi ve çevrede gelişimin için bir yapı sağlama	Büyük Kopenhag Yeşil Yapı Planı

KYA Sistemlerinin kent ekosistemini destekleyecek nitelikte yönetilebilmesi için belli şartların sabit kalması gerekmektedir. Ancak bölgenin sosyo-ekonomik ve demografik özelliklerinde meydana gelen değişimler, KYAS yönetiminde karşılaşılan zorluklardan biridir. Günümüz Dünya nüfusunun %62'si kentsel alanlarda yaşamaktadır. Su ve hava kirliliği şehirlerdeki en büyük tehditlerden biridir. Hava kirliliği, yetersiz sanitasyon, drenaj ve katı atık toplama hizmetleri, özellikle düşük seviyeli gelire sahip insanlar için sağlık problemleri doğuran önemli tehditlerdir (Ichimura, 2003).

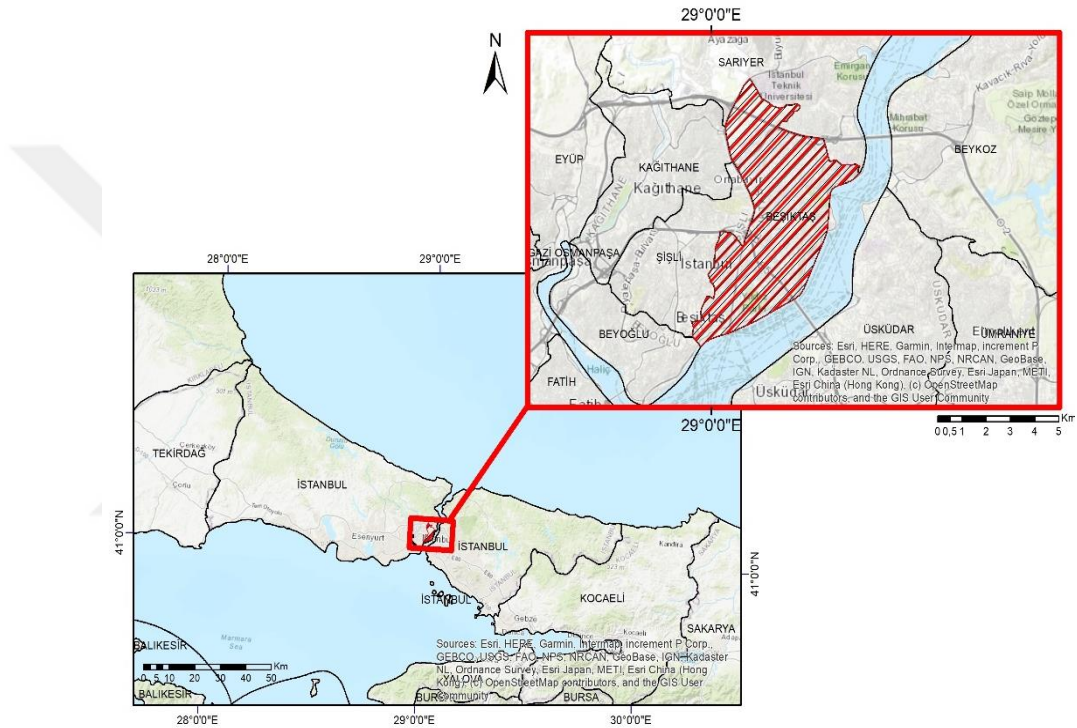
Kent nüfusu ile yeşil alan sistemi arasındaki ilişkiler, işlevselliklerin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir planlama için önemli ipuçları barındırmaktadır. Baycan-Levent ve arkadaşları (2002)'nin 15 Avrupa ülkesi ve 26 şehrin kentsel yeşil alanlarıyla ilgili yaptıkları araştırma; nüfus yoğunluğu fazla olan büyük şehirlerde daha küçük çaplı şehirlere nazaran yeşil alanların miktar ve kalite bakımından daha zayıf olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, özellikle İstanbul gibi büyük metropollerde yeşil alan sisteminin hem nitelik hem de nicelik bakımından değerlendirilmesine yönelik araçların daha fazla önem taşıdığını da göstermektedir. Ancak bu şekilde hem ekosistem hizmetleri açısından hem de estetik ve rekreatif kullanım potansiyelleri açısından yeşil alan sistemlerinin sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olabilecektir (Herzele ve Wiedemann, 2003; Stein ve Lee, 1995).

KYA'lar gerek estetik gerek fonksiyonel gerekse ekolojik bakımdan çok önemli işlevlere sahip olmakla birlikte bu işlevlerin önemini ve etkilerini ortaya koymayı sağlayacak göstergelere de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bu araştırmada İstanbul gibi büyük bir metropolün yeşil alan sistemi PM₁₀ göstergesi yardımıyla değerlendirilmiştir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Araştırma Sahası

Merkezi konumundan ötürü araştırma alanı olarak İstanbul iline bağlı Beşiktaş ilçesi seçilmiştir (Şekil 5.1). Beşiktaş İlçesi'nde 23 mahalle, 875 sokak/ cadde ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin sorumluluk alanında olan 31 ana arter bulunmaktadır.



Şekil 5.1. Araştırma alanının konumu (İstanbul, Beşiktaş İlçesi)

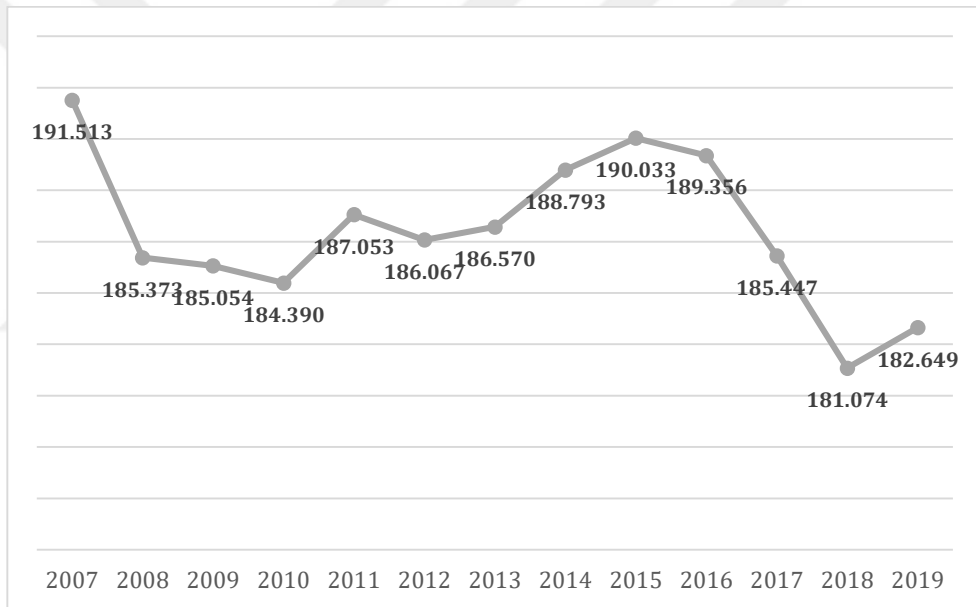
Beşiktaş ilçesinin çalışma bölgesi olarak seçilmesinin diğer bir sebebi ise nüfus olarak İstanbul ilinin en kalabalık ilçelerinden biri olmasıdır. 1950'lerde Beşiktaş'ın iç kesimlerinin iskana açılmasıyla Levent ve Etiler mahallelerinin doğuşu, Barbaros Bulvarı'nın inşası, Boğaziçi sahil yolunun genişletilmesi gibi kent içi ulaşımı artıran etkenler ekonomik yaşamı da canlandırmıştır.

Bu canlılık, 1973 yılında Boğaziçi Köprüsü'nün açılmasıyla artarak sürmüştür, 1980'lerde ise Beşiktaş'ı merkezi bir iş alanı durumuna getirmiştir. Bunun

yanında; iş ve alışveriş merkezleri, beş yıldızlı oteller, birçok kamu binası ve konsolosluk binları da bu ilçede yer almaktadır.

Beşiktaş'ın nüfusu 1935-1985 arasında yavaş ama düzenli bir artış göstermiştir. 1980'lerden itibaren 180-200.000 kişi arasında seyreden nüfustaki yükselme trendi yavaşlamıştır (Çizelge 5.1). Bunun nedeni, ilçedeki konut alanının büyük ölçüde sınır noktasına varmış olması ve belirli bölgelerin merkezi iş alanı özelliği kazanması, dolayısıyla nüfus sayımlarında esas alınan gece nüfusunun giderek azalma eğilimi göstermesidir (TÜİK, 2021).

Çizelge 5.1. 2007-2019 yılları arası Beşiktaş İlçesi nüfus değişim trendi (TÜİK, 2021)

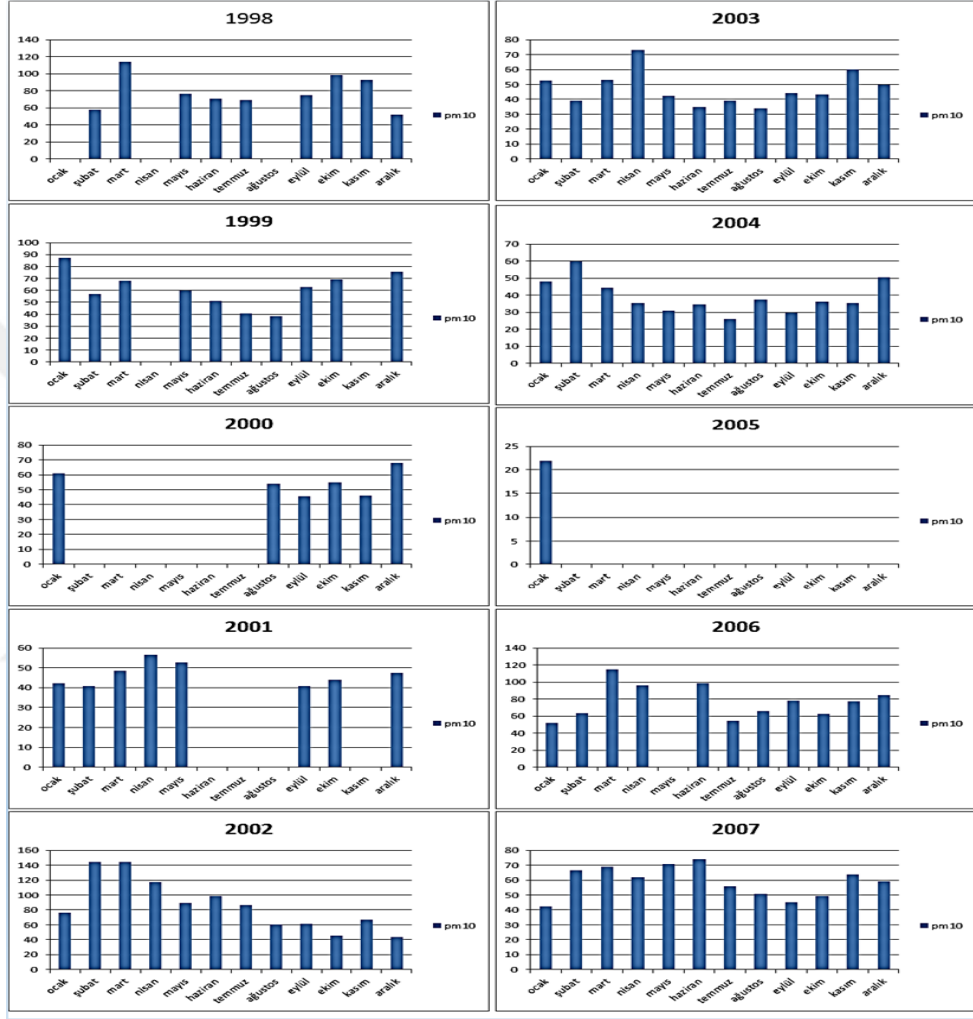


Beşiktaş Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nün yetki ve sorumluluğunda toplam 399.295 m²'lik alanı kapsayan 128 park, 132.950 m²'lik alanı kapsayan 43 okul bahçesi ve 377.755 m²'lik alanı kapsayan yeşil alan bulunmaktadır (Beşiktaş Belediyesi, 2021).

5.2. Yöntem

Öncelikle İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü Beşiktaş İlçe Ölçüm İstasyonu'na ait 1998-2019 yılları arası PM₁₀ konsantrasyon değerleri gözden geçirilmiş, aylık ortalamaları temsil edecek şekilde yıllık

grafikler hazırlanmıştır (Şekil 5.2 ve 5.3). Yapılan bu değerlendirme, araştırma alanında PM₁₀ konsantrasyonunun Şubat ve Nisan aylarında en yüksek değerlere ulaştığını göstermiştir. Yüksek konsantrasyon oranları göz önünde bulundurularak aynı zamanda kış ve bahar olmak üzere farklı mevsimleri temsil kabiliyeti de olan bu aylar, ölçüm yapmak üzere tercih edilmiştir.



Şekil 5.2. 1998-2007 Yılları İstanbul-Beşiktaş ilçesi PM₁₀ Konsantrasyonu (aylık/m³)



Şekil 5.3. 2008-2019 Yılları İstanbul-Beşiktaş PM₁₀ Konsantrasyonu (aylık/m³)

Araştırma alanında olabildiğince homojen bir dağılım gösterecek şekilde, farklı tip yeşil alanları temsil edebilecek 23 adet ölçüm noktası tayin edilmiştir. DUSTTRAK II ve QUEST EVM 7 cihazları yardımıyla PM ölçümü yapılan noktalar Çizelge 5.2 ve Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Ölçüm yapılan test noktaları (Kaynak: Google Earth Pro)

5.3. Ölçüm Araçları

Ön araştırma ile ölçüm noktalarına ve ölçüm zamanlarına karar verildikten sonra, episod değerler ve uygun çalışma koşullarını temsil edecek şekilde ölçüm planı hazırlanmıştır.

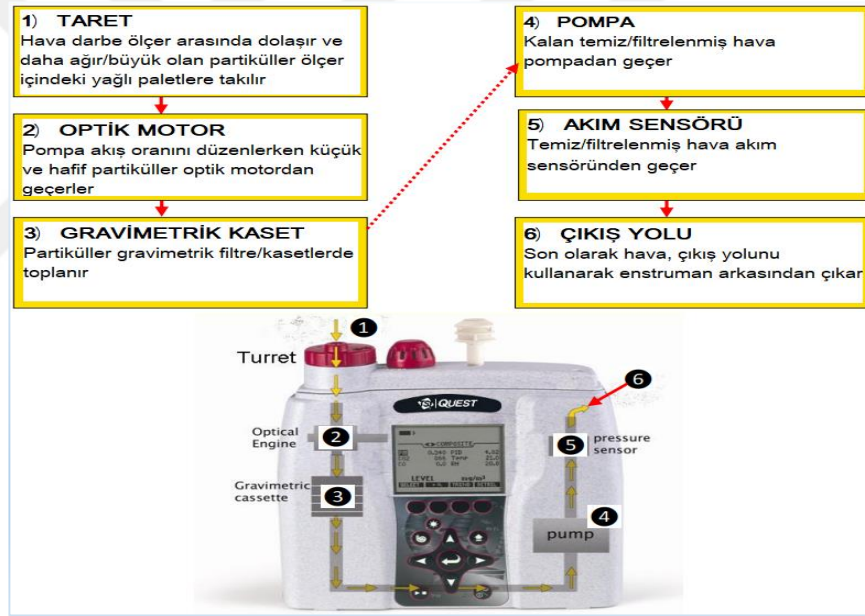
Çizelge 5.2. Araştırma ve ölçüm cihazına göre ayrılmış ölçüm bölgeleri

Ölçüm Noktası	Ölçüm Cihazı	KYA Tipi	Koordinatlar
Gayrettepe Parkı	Dusttrak II	Park	41.062920, 29.007872
Balmumcu Parkı	Dusttrak II	Park	41.059410, 29.015013
Ortaköy Mezarlığı	Dusttrak II	Mezarlık	41.059231, 29.018774
Gültekin Parkı	Dusttrak II	Park	41.052025, 29.025145
Yıldız Korusu 1 Alt Bölüm	Dusttrak II	Koru	41.045410, 29.015753
Yıldız Korusu 2 Üst Bölüm	Dusttrak II	Koru	41.050171, 29.014286
Aşık Veysel Parkı	Dusttrak II	Park	41.0564454, 29.010113
Serencebey Parkı	Dusttrak II	Park	41.047504, 29.008425
Dünya Barış Parkı	Dusttrak II	Yol Kenarı YA	41.050808, 29.002768
Barbaros Parkı	Dusttrak II	Park	41.041649, 29.006310
Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu	Dusttrak II	Yol Kenarı YA	41.037640, 28.994255
Garanti BBVA GM	Quest EVM 7	Park	41.072845, 29.016649
Levent Çamlık Parkı	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.081867, 29.014460
Sabancı Center Metro	Quest EVM 7	Park	41.085522, 29.008005
Sporcular Parkı	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.087067, 29.014221
Oyak Parkı	Quest EVM 7	Park	41.093655, 29.014605
Mustafa Kemal KM	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.092697, 29.026861
Sanatçılar Parkı	Quest EVM 7	Park	41.082867, 29.029654
Etiler Metro	Quest EVM 7	Yol Kenarı YA	41.082329, 29.037477
Bebek Parkı	Quest EVM 7	Park	41.075443, 29.043890
Aykut Barka Deprem Parkı	Quest EVM 7	Park	41.073631, 29.030798
Ulus Parkı	Quest EVM 7	Park	41.063580, 29.032162

Cemil Topuzlu Parkı	Quest EVM 7	Park	41.053642, 29.034075
---------------------	-------------	------	-------------------------

Arazideki ölçümler, hazırlanan ölçüm planı doğrultusunda tek seferde tüm noktalarda olabildiğince eş zamanlı olarak ölçümlerin tamamlanmasını sağlamak üzere iki tip portatif ölçüm aletiyle gerçekleştirilmiştir.

Environmental Monitoring²⁰ (EVM) zamana bağlı havada bulunan partikül konsantrasyon seviyelerini bir lazer-fotometre ile ölçen ve kaydeden taşınabilir bir görüntüleme cihazıdır. EVM; hava kirlilik elemanlarını ve doğada bulunan gaz ve aerosol gibi maddeleri tanımlamak üzere kullanılmaktadır (TSI Inc., 2021). Ölçüm sırasında cihazda gerçekleşen işlemler Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. QUEST EVM 7 Ölçüm Aracı ve Partikül Yolu (TSI Inc., 2021)

EVM çeşitli sensörlere sahiptir. Bunlar; farklı partikül çapları için PM₁₀₀/PM₁₀/PM_{0.1} olarak ayarlanabilen partikül sensörü, PID (fotoiyonizasyon) sensörü ve son olarak CO₂/H₂S/N₂ gibi toksik gazların ölçümünde kullanılan sensördür.

²⁰ Enviromental Monitoring = Çevresel Görüntüleme

EVM'nin kalibrasyonu için öncelikle tiküler, çarpma tertibatına sıfır filtre takılır ve çarpma tertibatı PM₁₀₀ olarak ayarlanır. Sensör doğru partikül seviyesini tespit ettikten sonra başlangıç ekranındaki atmosfer kalibrasyonuna giriş yapılır ve PM seçilir. Ön-kalibrasyon sırasında pompa çalışmaya başlar ve filtreden cihaz içine hava çekilir. Kalibrasyon sırasında 0 seviyesine ulaşıldığında cihaz "set" ile sabitlenir ve kalibrasyon kaydedilir. Ölçüm yapılacak süre ayarlandıktan sonra partiküller için çarpma tertibatı PM₁₀'a ayarlanır ve ölçüme başlanır. Atmosferdeki veriler cihaza kaydolmaya başlar. Veri aktarımı için ise DMS yazılımı kullanılmıştır.

DUSTTRAK II Aerosol Monitörü; gerçek zamanlı kütle okumaları yapan, gravimetrik numune toplayan tek kanallı bir lazer fotometredir ve toz, duman, partikül gibi aerosol kirletici maddeleri ölçer (Şekil 5.6). Bu nedenle alandaki ölçümler, PM değeri 90° ışık saçılım sensörü ve 0,1-10 µm partikül hacmi aralığına sahip DUSTTRAK II ile yapılmıştır.



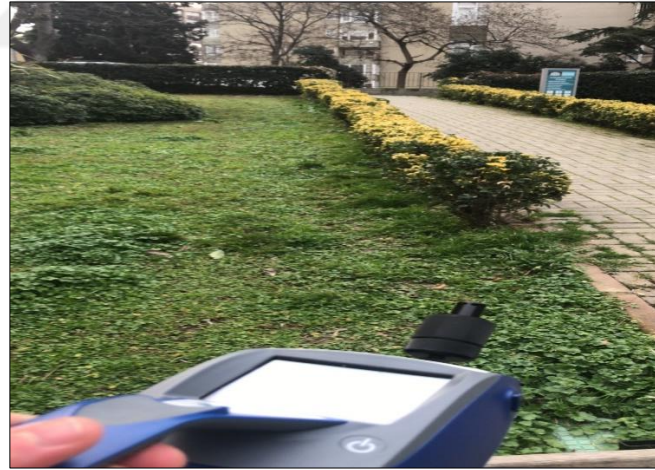
Şekil 5.6. DUSTTRAK Ölçüm Aracı (TSI Inc., 2021)

Ölçümlerle elde edilen PM₁₀ değerleri referans olarak kullanılmıştır. Cihazın Zaman Ağırlıklı Ortalama (TWA) değerinin 15 dakikalık otomatik hesaplama süresi (günde 8 saatlik periyotlar) dikkate alınarak PM₁₀ ölçümleri 15 dakika süreyle yapılmıştır. Ön araştırmada araştırma sahası için en yoğun PM ortalamalarının tespit edildiği Şubat-Nisan ayları arasında yağışsız ve rüzgar

şiddetinin 3 m/h'i aşmadığı günlerde rastgele günlerde tüm test noktalarında aynı günde ölçüm yapılacak şekilde ölçümler tamamlanmıştır. Ölçülen değerlerin ortalaması alınarak, Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi yardımıyla tüm alana genelleştirilmiştir. Örnek ölçüm noktaları ve yerinde ölçümlere dair detaylar şekil 5.7-5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Bebek Parkı Ölçüm Noktası



Şekil 5.8. Gayrettepe Parkı Ölçüm Noktası

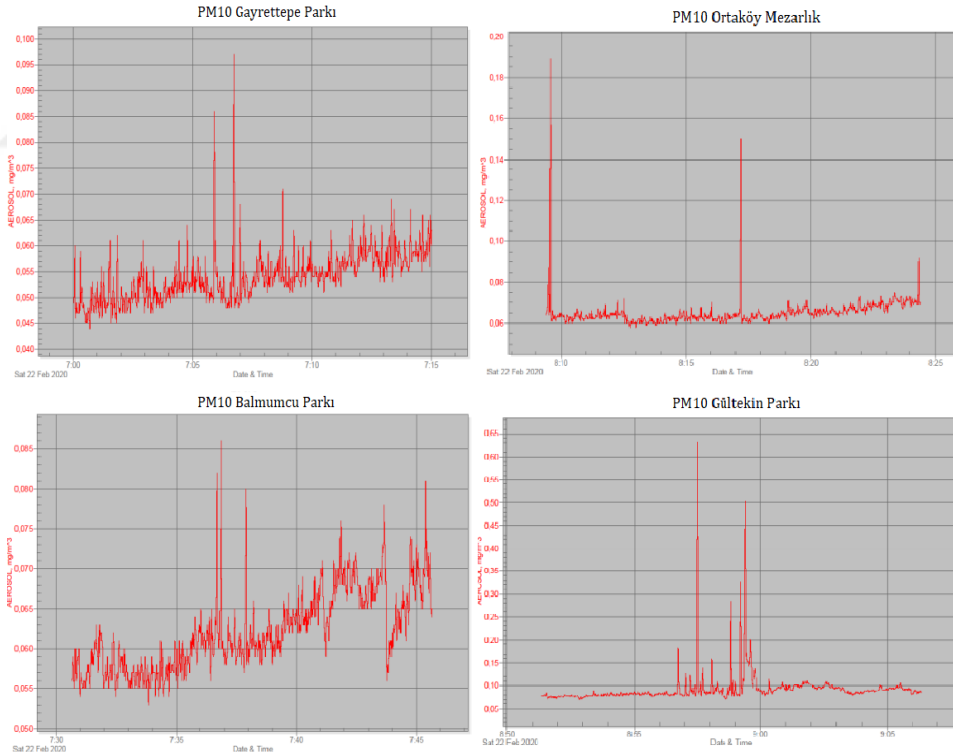


Şekil 5.9. Barbaros Parkı Ölçüm Noktası'nda EVM cihazıyla gerçekleştirilen ölçüm

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

QUEST EVM 7 cihazı ile 15 dakikalık ölçüm sonrası en yüksek (max.) ve en düşük (min.) PM₁₀ değerleri ile 15 dakika ortalamaları (G $\bar{x}$) belirlenmiştir. Şekil 6.1., 6.2. ve 6.3’de görüldüğü gibi;

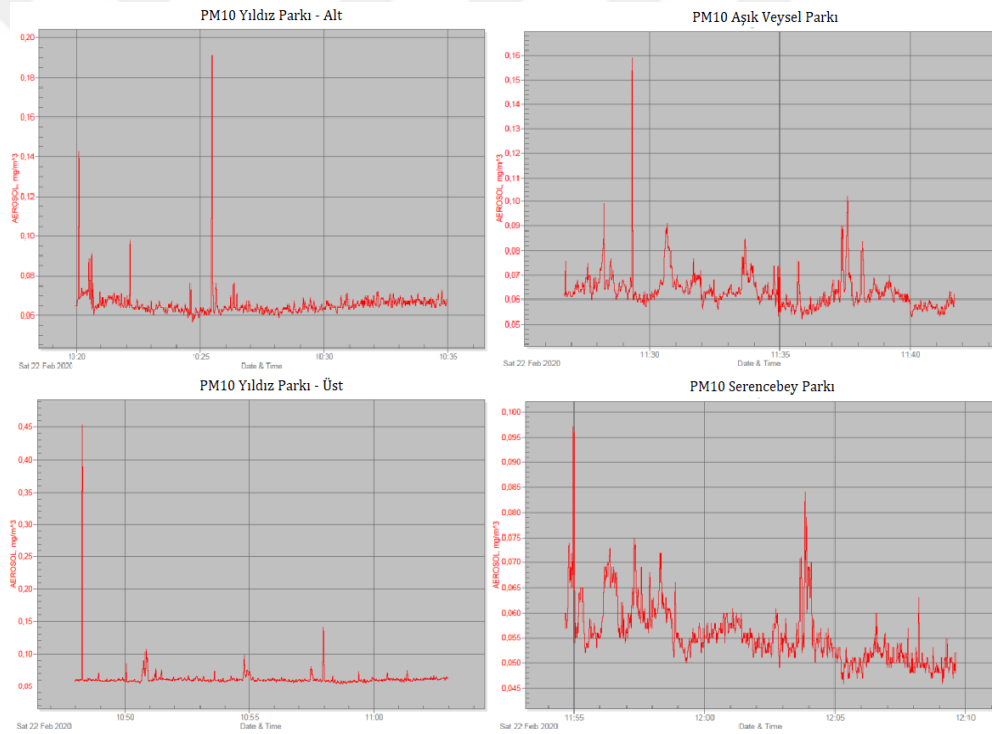
- Gayrettepe Parkı’nda (41.062920, 29.007872); en yüksek PM₁₀ oranı 0,097 mg/m³, en düşük PM₁₀ oranı ise 0,044 mg/m³ olarak ölçülmüştür. 15 dakikalık genel ortalama ise 0,054 mg/m³tür.
- Balmumcu Parkı’nda (41.059410, 29.015013); max. PM₁₀=0,086 mg/m³, min. PM₁₀=0,053 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,062 mg/m³tür.
- Ortaköy Mezarlığı’nda (41.059231, 29.018774); max. PM₁₀=0,189 mg/m³, min. PM₁₀=0,058 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,065 mg/m³tür.
- Gültekin Parkı’nda (41.052025, 29.025145) ise; max. PM₁₀=0,631 mg/m³, min. PM₁₀=0,007 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,092 mg/m³tür.



Şekil 6.1. Gayrettepe Parkı, Ortaköy Mezarlığı, Balmumcu Parkı, Gültekin Parkı
QUEST EVM 7 PM₁₀ Ölçüm Sonuçları

Ortaköy Mezarlığı, Gayrettepe, Balmumcu ve Gültekin Parkları arasında en yüksek PM₁₀ değeri Gültekin Parkı'nda (n=0,631 mg/m³), en düşük değer ise yine aynı parkta ölçülmüştür (n=0,007 mg/m³).

- Yıldız Korusu 1 (Alt Bölüm) (41.045410, 29.015753); max. PM₁₀=0,191 mg/m³, min. PM₁₀=0,057 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,065 mg/m³tür.
- Yıldız Korusu 2 (Üst Bölüm) (41.050171, 29.014286); max. PM₁₀=0,453 mg/m³, min. PM₁₀=0,055 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,062 mg/m³
- Aşık Veysel Parkı (41.0564454, 29.010113); max. PM₁₀=0,159 mg/m³, min. PM₁₀=0,052 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,063 mg/m³
- Serencebey Parkı'nda (41.047504, 29.008425); max. PM₁₀=0,097 mg/m³, min. PM₁₀=0,046 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,056 mg/m³

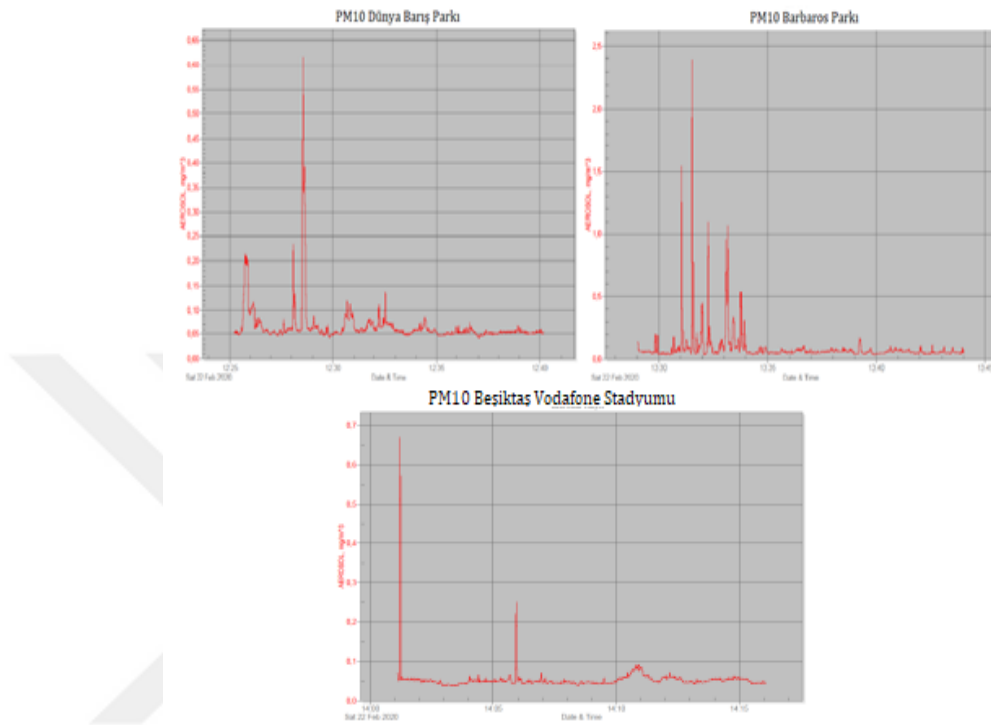


Şekil 6.2. Yıldız Parkı – Alt ve Üst Bölümleri, Aşık Veysel ve Serencebey Parkı QUEST EVM 7 PM₁₀ Ölçüm Sonuçları

Yıldız Parkı – Alt ve Üst Bölümleri, Aşık Veysel ve Serencebey Parkı arasında en yüksek PM₁₀ değeri Yıldız Parkı – Üst Bölüm'de (n=0,453 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise Serencebey Parkı'nda ölçülmüştür (n=0,046 mg/m³).

- Dünya Barış Parkı'nda (41.050808, 29.002768); max. PM₁₀=0,616 mg/m³, min. PM₁₀=0,042 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,065 mg/m³tür.

- Barbaros Parkı'nda (41.041649, 29.006310); max. $PM_{10}=2,390 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,043 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,092 \text{ mg/m}^3$
- BJK Vodafone Stadı Yanı'nda (41.037640, 28.994255); max. $PM_{10}=0,670 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,038 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,053 \text{ mg/m}^3$



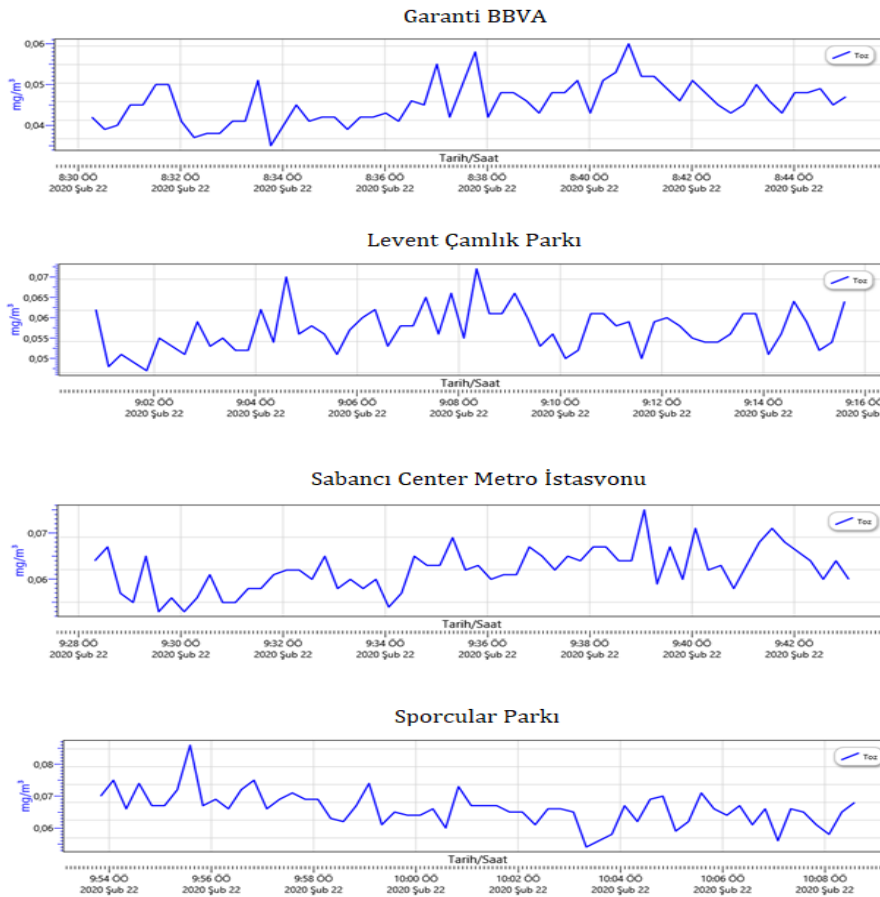
Şekil 6.3. Dünya Barış ve Barbaros Parkları ve Beşiktaş Vodafone Stadyumu QUEST EVM 7 PM_{10} Ölçüm Sonuçları

Dünya Barış ve Barbaros Parkları ve Beşiktaş Vodafone Stadyumu arasında en yüksek PM_{10} değeri Barbaros Parkı'nda ($n=2,390 \text{ mg/m}^3$), en düşük PM_{10} ise Beşiktaş Vodafone Stadyumu'nda ölçülmüştür ($n=0,038 \text{ mg/m}^3$).

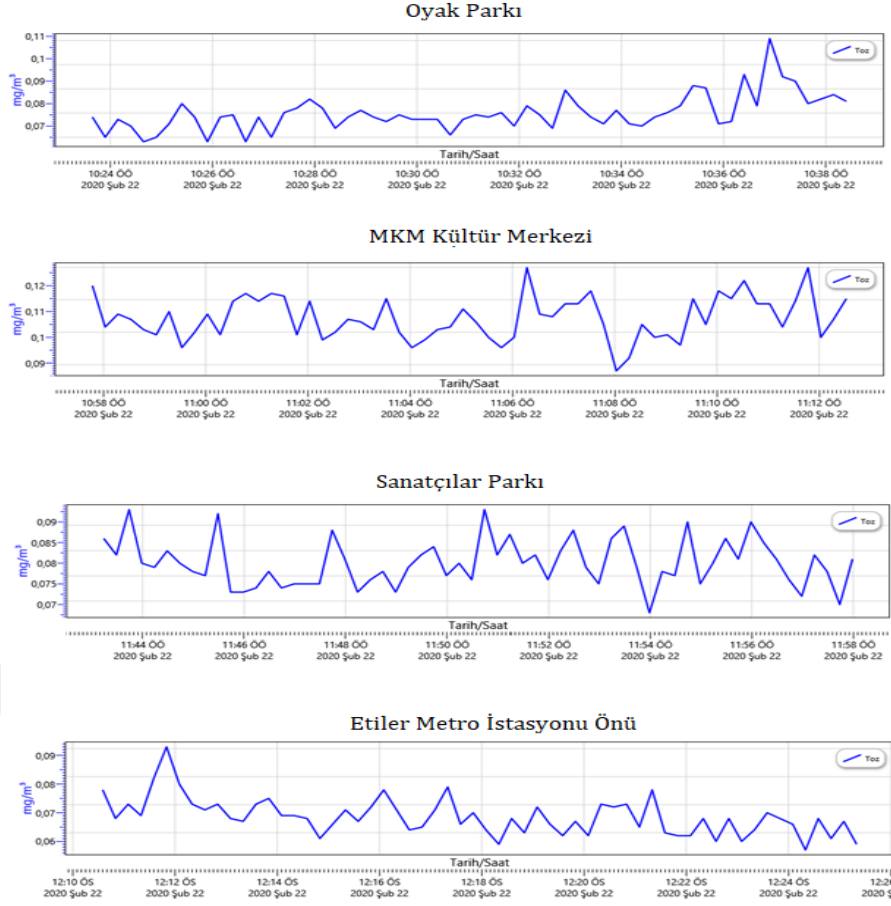
Benzer şekilde, DUSTTRAK II cihazı ile 15 dakikalık ölçüm sonrası en yüksek (max.) ve en düşük (min.) PM_{10} değerleri ile 15 dakika ortalamaları ($G\bar{x}$) belirlenmiştir. Şekil 6.4. ve 6.5'de görüldüğü gibi;

- Garanti BBVA önünde (41.072845, 29.016649); max. $PM_{10}=0,079 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,034 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,046 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- Levent Çamlık Parkı (41.081867, 29.014460); max. $PM_{10}=0,1 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,046 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,057 \text{ mg/m}^3$
- Sabancı İş Merkezi Metro (41.085522, 29.008005); max. $PM_{10}=0,078 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,048 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,068 \text{ mg/m}^3$

- Sporcular Parkı'nda (41.087067, 29.014221); max. $PM_{10}=0,087 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,053 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,066 \text{ mg/m}^3$
- Oyak Parkı (41.093655, 29.014605); max. $PM_{10}=0,113 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,061 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,076 \text{ mg/m}^3$ 'tür.
- Mustafa Kemal Kültür Merkezi (41.092697, 29.026861); max. $PM_{10}=0,128 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,083 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,107 \text{ mg/m}^3$
- Sanatçılar Parkı (41.082867, 29.029654); max. $PM_{10}=0,096 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,067 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,08 \text{ mg/m}^3$
- Etiler Parkı'nda (41.082329, 29.037477); max. $PM_{10}=0,123 \text{ mg/m}^3$, min. $PM_{10}=0,057 \text{ mg/m}^3$, $G\bar{x}=0,069 \text{ mg/m}^3$



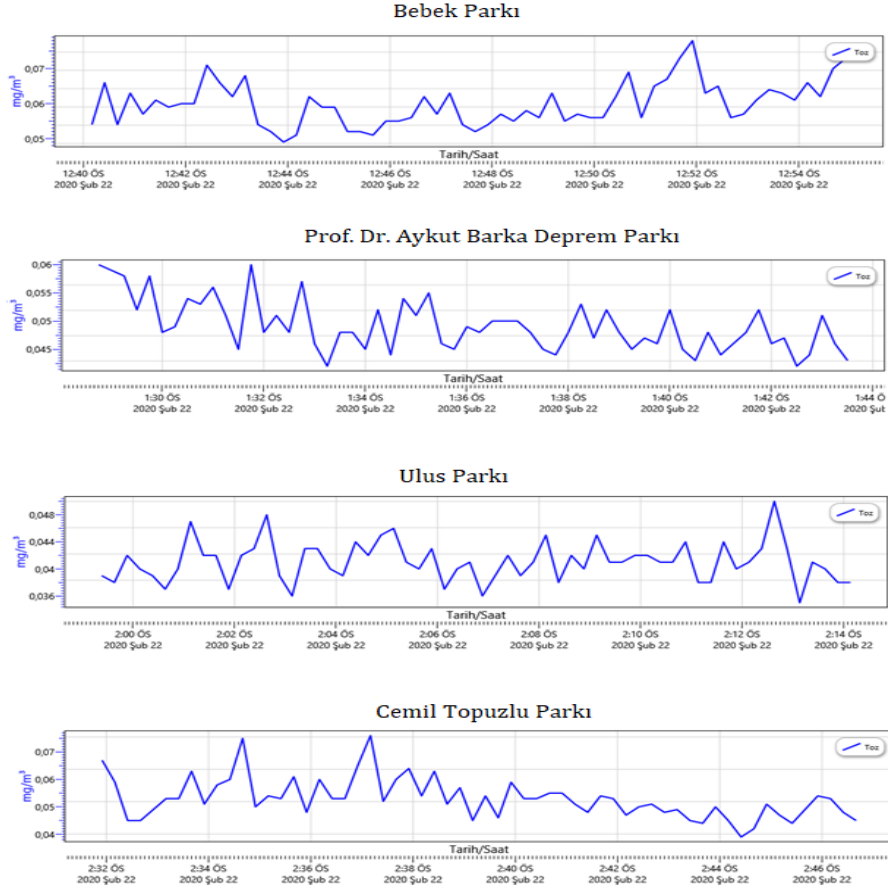
Şekil 6.4. Garanti BBVA  n , Levent  amlık Parkı, Sabancı Center Metro İstasyonu  n  ve Sporcular Parkı DUSTTRAK II PM_{10}  l m Sonuçları



Şekil 6.5. Oyak Parkı, Mustafa Kemal Kültür Merkezi, Sanatçılar Parkı, Etiler Metro İstasyonu  n  DUSTTRAK II PM₁₀  l m Sonuçları

Garanti BBVA, Levent  amlık Parkı, Sabancı İ  Merkezi metro  n  ve Sporcular Parkı arasında en yüksek PM₁₀ değeri Sporcular Parkı'nda (n=1,000 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise Garanti BBVA'da ölçülmüştür (n=0,034 mg/m³).

Oyak Parkı, MKKM, Sanatçılar Parkı ve Etiler Metro İstasyonu arasında ise en yüksek PM₁₀ değeri MKKM'de (n=0,128 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise Etiler Metro İstasyonu  n 'nde ölçülmüştür (n=0,057 mg/m³).



Şekil 6.6. Bebek Parkı, Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı, Ulus ve Cemil Topuzlu Parkları DUSTTRAK II PM₁₀ ölçüm sonuçları

Şekil 6.6'da görüldüğü gibi; Bebek Parkı'nda (41.075443, 29.043890); en yüksek PM₁₀ oranı 0,078 mg/m³, en düşük PM₁₀ oranı ise 0,047 mg/m³ olarak ölçülmüştür. 15 dakikalık genel ortalama ise 0,06 mg/m³'tür.

- Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı'nda (41.073631, 29.030798); max. PM₁₀=0,085 mg/m³, min. PM₁₀=0,04 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,05 mg/m³'tür.
- Ulus Parkı'nda (41.059231, 29.018774); max. PM₁₀=0,052 mg/m³, min. PM₁₀=0,033 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,041 mg/m³'tür.
- Cemil Topuzlu Parkı'nda (41.053642, 29.034075) ise; max. PM₁₀=0,081 mg/m³, min. PM₁₀=0,038 mg/m³, G $\bar{x}$ =0,053 mg/m³'tür.

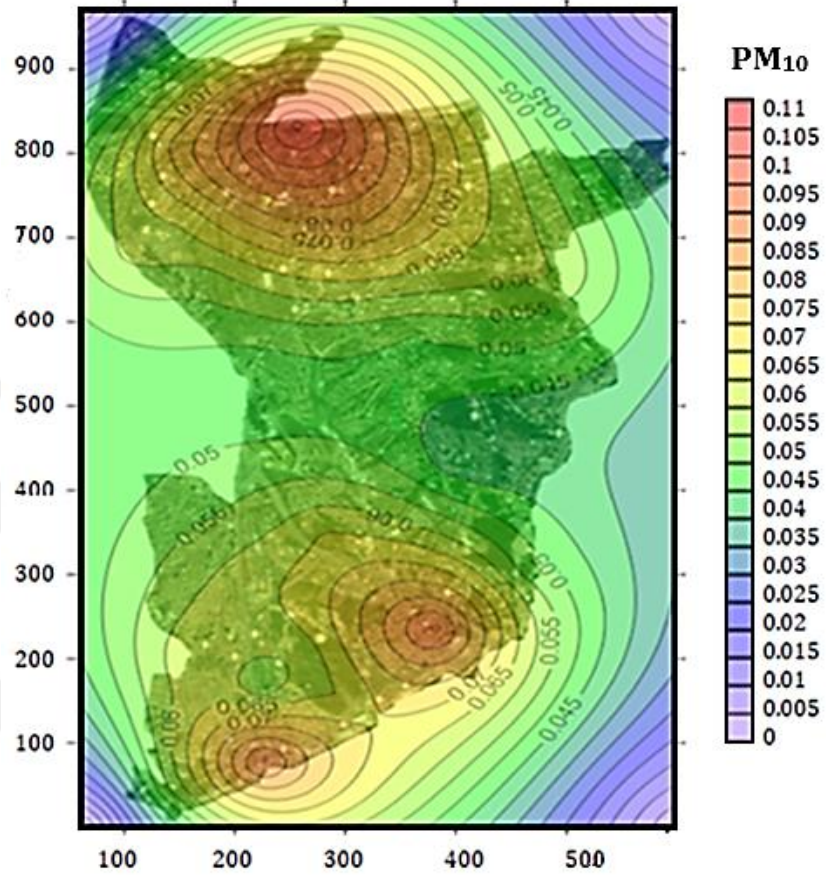
Bebek Parkı, Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı, Ulus Parkı ve Cemil Topuzlu Parkı arasında ise en yüksek PM₁₀ değeri Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı'nda (n=0,085 mg/m³), en düşük PM₁₀ değeri ise Ulus Parkı'nda

ölçülmüştür ($n=0,033 \text{ mg/m}^3$). Tüm ölçümlerden elde edilen ortalama değerler çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Ölçüm bölgelerinin bölge özellikleri ve PM_{10} ortalamaları

Ölçüm Cihazı	Yeşil Alan Tipi	Konum Adı	AVG ($G\bar{x}$)
DUSTTRAK II	Park	Gayrettepe Parkı	0,054
	Park	Balmumcu Parkı	0,062
	Mezarlık	Ortaköy Mezarlığı	0,065
	Bahçe	Gültekin Parkı	0,092
	Koru	Yıldız Korusu 1 Alt Bölüm	0,065
	Koru	Yıldız Korusu 2 Üst Bölüm	0,062
	Park	Aşık Veysel Parkı	0,063
	Park	Serencebey Parkı	0,056
	Park	Dünya Barış Parkı	0,065
	Yol Kenarı YA	Barbaros Parkı	0,092
	Yol Kenarı YA	Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu	0,053
QUEST EVM7	Yol Kenarı YA	Garanti BBVA GM	0,046
	Park	Levent Çamlık Parkı	0,057
	Yol Kenarı YA	Sabancı Center Metro	0,062
	Park	Sporcular Parkı	0,066
	Park	Oyak Parkı	0,076
	Yol Kenarı YA	Mustafa Kemal KM	0,107
	Park	Sanatçılar Parkı	0,080
	Yol Kenarı YA	Etiler Metro	0,069
	Park	Bebek Parkı	0,060
	Park	Aykut Barka Deprem Parkı	0,050
	Park	Ulus Parkı	0,041
	Park	Cemil Topuzlu Parkı	0,053

Yapılan ölçümlerin ortalama değeri IDW enterpolasyon yöntemi yardımıyla tüm alana oranlanmış ve PM₁₀ yoğunluğu dağılım haritası elde edilmiştir (Şekil 6.7).



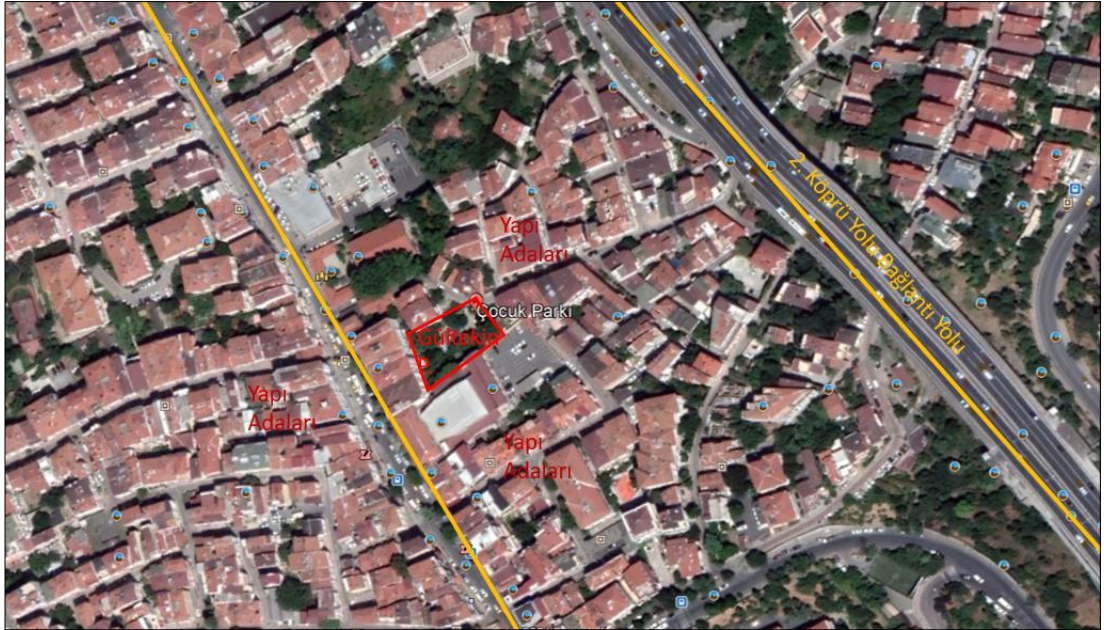
Şekil 6.7. IDW Enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan 22/02/2020 tarihli PM₁₀ yoğunluğu dağılım haritası.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen bulgular, PM_{10} konsantrasyonu ile yeşil alan arasındaki ilişkilerin belirlenmesini sağlayabilmiştir. Kullanım bakımından belirgin farklılıkları olan yeşil alan tipleri PM_{10} konsantrasyonu ile ilişkilendirilerek tartışılmıştır.

7.1. Yeşil Alan Tiplerine Göre PM_{10} Yoğunluk Dağılımları

Park ve bahçe alanlarında gerçekleştirilen PM_{10} ölçümleri değerlendirildiğinde, genelde sonuçların ortalama altı seviyelerde seyrettiği görülmüştür. PM_{10} konsantrasyon değerlerinin yükseldiği park alanlarının ise genelde yoğun bir yapısal dokuyla çevrili olduğu ya da ana ulaşım arterlerine yakın bir konumda yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Gültekin Parkı ve 2. Köprü Yolu ile ilişkisi

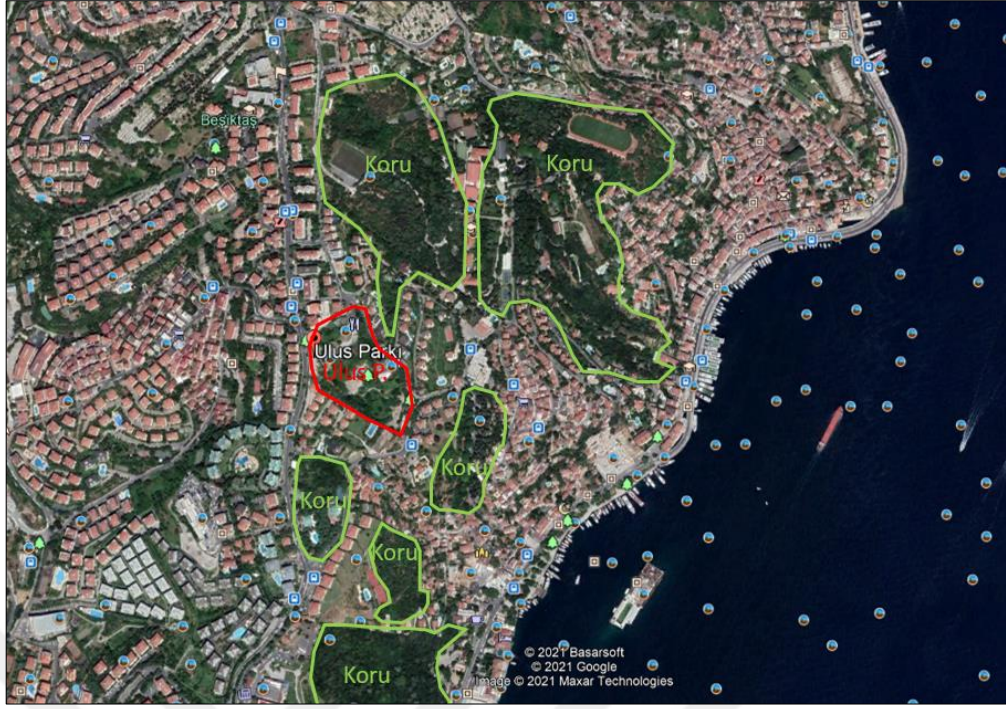
Gültekin Parkı, kentsel yeşil alan olarak oldukça izole bir alandır. Parkın yeşil doku çeşidi ve kalitesi önemli olmakla beraber mevcut çalışmada bu özellikler hakkında detaylı bilgi sunulmamıştır. Bunun yanında, PM_{10} değerinin bu bölgede yüksek ($G\bar{x}=0,092$) çıkmasında en önemli etkenin köprü bağlantı yolları ve yerleşim bölgelerine yakınlığı olduğu düşünülmektedir. Özdemir ve arkadaşlarının (2010) Beşiktaş ilçesi'nde yaptıkları çalışmada seçtikleri pilot

bölgelerden Gültekin Parkı'na kentsel yeşil alan olarak en yakın karakterde Barbaros Bulvarı çevresi gösterilebilir. Bu sonuçlarla beraber düşünülünce; köprü bağlantı yolları ve yerleşim yoğunluğunun PM₁₀ seviyesinin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.2. Oyak Parkı ve bağlantı yollarına göre konumu

Mevcut çalışmada, Gültekin Parkı ile benzer çevresel özelliklere sahip Oyak Parkı'nın sonuçları da değerlendirilmiştir. Beşiktaş İlçe sınırında bulunan ve gün içinde oldukça yoğun bir trafiğe sahip olan Oyak Park ve çevresi Gültekin Parkı'na göre kısmen düşük PM₁₀ seviyeleri göstermiş ($G\bar{x}=0,076$) ancak, bu seviyeler ortalamanın üstünde seyretmiştir. Yerleşim yoğunluğu olarak Gültekin Park'dan daha az olmasının yanında PM₁₀ değerlerinde görülen yüksekliğin sebebi, bölgenin Büyükdere Caddesi'nin yakınlığı ve hakim rüzgar yönünde (kuzey) yer alan inşaat sahaları olduğu düşünülmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.3. Uluş Parkı ve koru yapıları ile ilişkisi

Çalışmada elde edilmiş önemli bir sonuç Uluş Parkı'nda görülmüştür. Parkın PM_{10} değerleri diğer parklara göre daha düşük bulunmuştur ($G\bar{x}=0,041$). Özellikle sahil şeridine doğru alçalan eğimli bir arazi üzerinde bulunan ve etrafındaki koru alanlarıyla komşuluk kuran Uluş Parkı'nda PM_{10} ortalamalarının en düşük değerde olması çevresel vejetasyonunun yoğunluğundan kaynaklanıyor gibi gözükmemektedir (Şekil 7.3).

Mezarlık ölçüm noktası olarak seçilen Ortaköy Mezarlığı, nisbeten odunsu ağaç dokusu gelişmiş bir mezarlık olmakla birlikte 2. Köprü yolu ile komşuluk kurmaktadır. Bunun yanında, ana arter ile mezarlık arasında yoğun odunsu bir ağaç dokusuna sahip bir yol kenarı yeşil alan bulunmaktadır. Bu bölgenin bir tampon konumunda yer alması Ortaköy Mezarlığı'nda PM_{10} ortalama değerlerinin ($G\bar{x}=0,065$) yükselmesine engel olmuştur (Şekil 7.4).



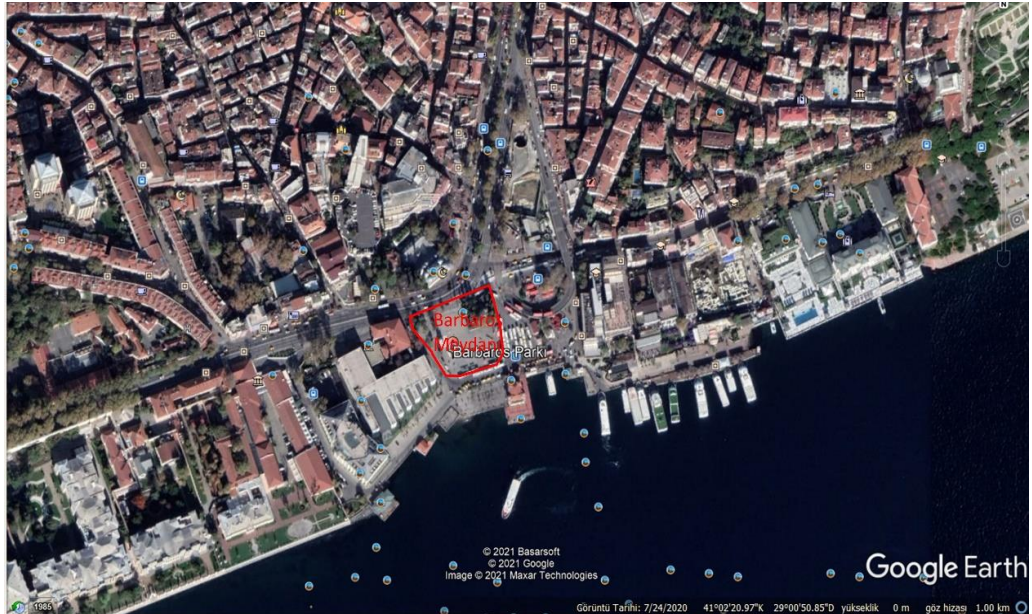
Şekil 7.4. Ortaköy Mezarlığı ve ana arter ile ilişkisi

Yol kenarı yeşil alanlar (YA) 1. Köprü çevre yolu gibi ana ulaşım arterleriyle ilişkili olan alanlarda PM_{10} konsantrasyonunun yükseldiği tespit edilmiştir. Ortaköy Mezarlığı'na ait ölçümde PM seviyesinin Mustafa Kemal Kültür Merkezi'ne kıyasla düşük çıkmasının sebebi yeşil dokunun köprü gibi ana arterlere nüfus etmesi ve ölçüm alanlarının önündeki yeşil dokunun filtrasyon görevi görmesi olabilir (Şekil 7.5). Ancak, bu filtrasyonu sağlayacak bir vejetasyon yapısı MKKM'de görülmemektedir.



Şekil 7.5. MKKM Yan Yolu ile 2. köprü yolu arasındaki ilişkisi

Yapı adaları ve yol ağları tarafından çevrilmiş olan Barbaros Meydanı'nın ($G\bar{x}=0,092$) da nitelikli bir yeşil alanla komşuluk kurmadığı görülmektedir. 2. köprü yoluna komşu olan MKKM önündeki yol kenarı yeşil alanın bu kısımda oldukça daralması sebebiyle nitelikli bir doku oluşturamadığı görülmektedir. Bu durum, araştırma alanı içerisinde en yüksek PM_{10} ortalamalarının çıkmasını açıklamaktadır ($G\bar{x}=0,107$).



Şekil 7.6. Barbaros Parkı ve çevresel yapılar ile ilişkisi

Yapı adaları ve yol ağlarına ek olarak, yan yol ve ana arterlere yakın olup da PM_{10} oranının düşük olduğu alanlar da bulunmaktadır [Garanti BBVA GM ($G\bar{x}=0,046$), Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu ($G\bar{x}=0,053$), v.b.]. Ana yollara yakın olduğu halde PM_{10} konsantrasyonu düşük çıkan bu gibi alanların ya etrafında yoğun bir odunsu vejetasyon dokusuyla komşuluk kurdukları ve rüzgar koridorlarına açık bir konumda yer aldıkları tespit edilmiştir.



Şekil 7.7. BJK Vodafone Stadı Yan yolu ve çevresel yapılar ile ilişkisi

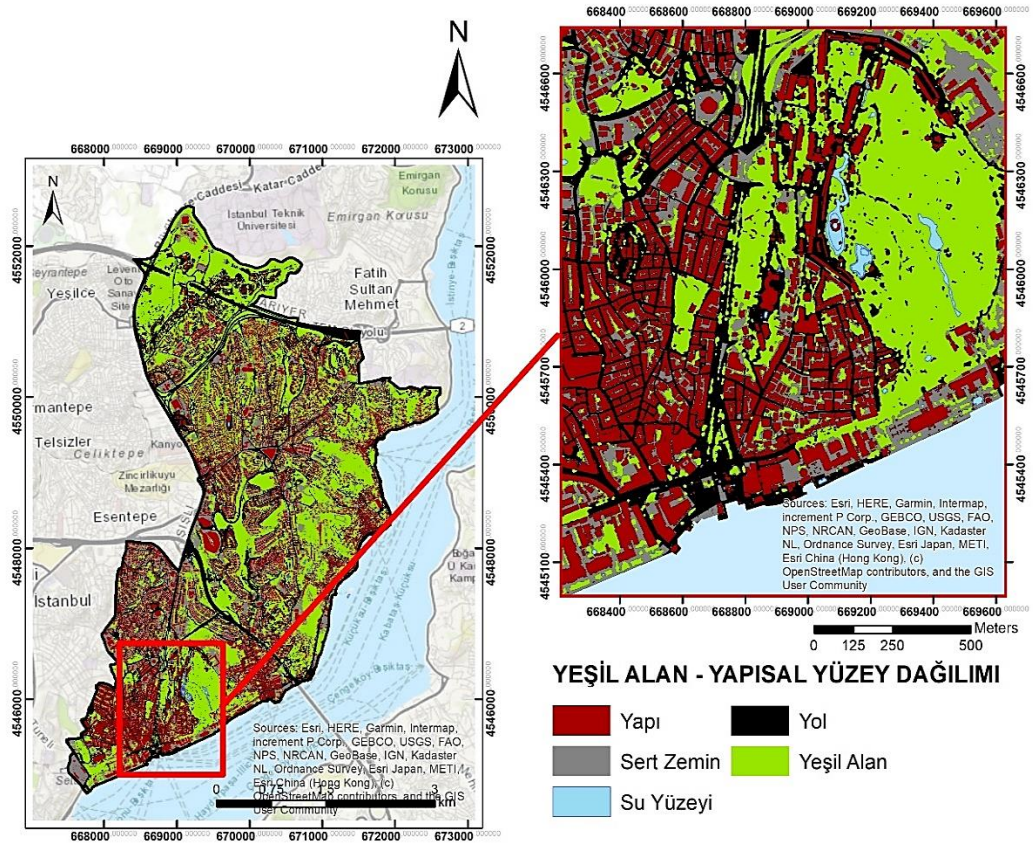
Bjk Vodafone stadyumu yan yol yeşil alanda PM_{10} değerleri oldukça düşük çıkmıştır ($G\bar{x}=0,053$). Test noktasının ana ulaşım arterleri arasında yer almasına rağmen nitelikli koru dokusu tarafından çevrelenmiş olması ve Tarihi Çınarlı Yol ile komşuluk kurması partikül madde konsantrasyonunu tolere etmektedir (Şekil 7.7).

Görüldüğü gibi kent içi yeşil alanlarda PM_{10} konsantrasyonunu etkileyen başlıca unsurlar arasında nitelikli odunsu bitki dokusunun olup olmaması yer almaktadır. Nitelikli yeşil alanlarla ilişki kuran ve kentsel yeşil alan sisteminin parçası olmayı başarmış olan alanlarda PM konsantrasyonunun da azaldığı görülmüştür. Yapı adaları ve yol ağları arasında izole olmuş test noktalarında PM oranlarının da yükselmeye başladığı görülmüştür.

Aynı alan için farklı test noktaları üzerinden Aksu ve Tağıl, (2017) tarafından gerçekleştirilen araştırma bulgularının da benzer sonuçlar verdiği görülmüştür.

7.2. KYA ve PM₁₀ Yoğunluk Dağılımları Arasındaki İlişki

Balmumcu Mahallesi; 1. köprü, 1. köprü çevreyolu ve Barbaros Bulvarı gibi üç ana arter arasında kalmış, batıdaki yoğun yapılaşma bölgesi ile doğudaki koru alanları arasında geçiş niteliğinde bir alandır. Bu nedenle, yeşil bağlantı önerileri yoğun olarak getirilmiştir. Ayrıca, ana arterlerin hem gürültü hem de partikül madde ve emisyon zararlarını kesecek perdeleme önerilerinde bulunulmuştur.



Şekil 7.8. Beşiktaş İlçesi yeşil alan ve yapısal yüzey dağılımı

Araştırma alanında koru özelliği taşıyan alanlar özellikle sahil hattı boyunca yamaçlarda kendini göstermektedir. Halkın kullanımına açık olan Yıldız Korusu, araştırma alanı içerisinde çok kritik bir konumda yer almaktadır (Şekil 7.8). Bölüm 4.5.1'de yapılaşmanın yoğunlaştığı güney batı bölgesini ayıran Barbaros

Bulvarı ile Sahil yolunun kesişiminde önemli bir adım taşı teşkil etmektedir. Araştırma Alanı'nın odak noktasını teşkil eden bu alanın ekolojik olarak desteklenebilmesi için tüm tedbirlerin alınması önerilmiştir.

Bitkilerin peyzaj için sağladıkları fonksiyonel ve ekolojik fayda, biyokütleleri ile doğru orantılıdır. Özellikle refüjlerde yine estetik kaygılarla bakıma muhtaç çim alanların çalılara ve ağaçlara tercih ediliyor olması, bu fonksiyonel yaklaşımla çelişmektedir. Gerek biyoçeşitliliği artırmak gerekse sağladıkları oksijen miktarı ve havayı filitreleme kapasiteleri bakımından odunsu bitkiler tercih edilmelidir. Yaşama ortamı teşkil etmesi bakımından otsu doku farklı fauna gruplarına hizmet etmektedir ve bu çeşitlik için de ortam oluşturulmalıdır ancak bu dokunun da kendi haline terk edilmiş, farklı otsu türleri barındıran doğal bir yapıda olması tercih edilmeli ve mutlaka odunsu doku ile birlikte çözümlenmelidir (Aksu, 2017).

Yeşil sistemin kalitesi her ne kadar sahip olduğu biyokütle ile doğru orantılı olsa da kritik noktalarda adım taşları, kamalar ve bağlantılarla desteklenmesi ve devamlılığının sağlanması gerekir. Yoğun yapılaşmış olan bölgelerde yeşil çatı ve cephe sistemleri bu görevi üstlenebilmektedir. Bu durumda bağlantısallığın sağlanması öncelikli olduğundan, biyokütle kaygısı ikinci planda kalabilmektedir (Aksu, 2017). Bunun yanında, Viecco ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında belirtilen vejetaston farklılıkları mevcut çalışmada değerlendirilememiş ancak, sonuçlar Abhijith ve arkadaşları (2017)'nin açık yol ve yerleşik cadde kanyon bölgelerinde yeşil altyapının hava kirliliğini azaltma üzerine etkilerini inceledikleri derleme ile paralellik göstermektedir. Yıldız Parkı gibi çeşitli ve yüksek oranda vejetasyonun olduğu bölgenin en düşük PM₁₀ oranına sahip olduğu görülmüştür.

Araştırma alanında korular, yeşil sistem içerisinde en büyük üniteleri teşkil etmektedirler. Korular aynı zamanda karma ağaç dokusuna sahip alanlar olduklarından gerek tür çeşitliliği, gerekse ekosistemlerin işlemesi bakımından yeşil sistemin merkez üssünü oluşturmaktadırlar. Ekolojik potansiyelleri peyzaj fonksiyonuna katkı sağlarken büyük bütüncül üniteler teşkil etmeleri peyzaj strüktüründe dikkat çekmektedir. Bir yandan da kent insanının rekreasyonel

ihtiyaçlarına cevap vermeye çalışırlar. Koruma-kullanma dengesi bağlamında çok kritik bir konumda yer alan koru alanlarıyla ilgili yönetim, planlama ve/veya tasarımı kararları alınmadan önce bu özellikleri göz önünde bulundurulmalı ve öncelikler belirlenmelidir (Aksu, 2017).

Yapılan PM₁₀ ölçümlerinde hava kalitesi indeks sınırlarına göre hassas düzeyi aşan (Mustafa Kemal Kültür Merkezi dışında) bir düzey tespit edilmemiştir. Çapraz ve Deniz (2020)'e göre İstanbul geneli Kış dönemi ortalamaları 63.8 µg/m³ olmakla birlikte, bu değer 100-150 µg/m³ hassas düzey olarak belirlenebilir (Aksu, 2017). Mevcut araştırma dahilinde ise hassas PM₁₀ düzeyine sahip alanların;

- Barbaros Bulvarı-Serencebey Parkı
- Maçka Parkı st
- Maçka Parkı alt
- Abbasağa Parkı
- İhlamur Parkı
- Azerbaycan Dostluk Parkı
- Gayrettepe Parkı
- Gayrettepe Otim Arası
- Ortaköy Mezarlığı olduğu görülmüştür.

Ortalama partikül madde miktarının nispeten yüksek olduğu alanlar olarak daha çok park alanları ön plana çıkmaktadır. Mori ve arkadaşlarının (2015) yaptıkları çalışmaya göre kentsel alanlardaki bitki rts PM dahil farklı kirleticilerin olumsuz etkilerini optimize etmede kullanılabilir. Mevcut araştırmada grldğu gibi, hassas PM₁₀ değeri görülen Barbaros ve Gültekin Parkları gibi alanlar, Mori ve arkadaşlarının (2015) nerdiği gibi farklı vejetasyon stratejileri kullanılarak kirlilik birikiminin önüne geçilebilir.

Bu yaklaşım, kentleşme baskısı altındaki peyzajların sürdürülebilirlik esaslarına göre yönetilebilmesi ve yerel yönetimlerin habitatlarla ilgili alacağı uygulama kararlarının devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Kentlerin srdrlebilirliğinden bahsedilmek isteniyorsa, doğa-toplum ilişkilerini

dengeleme kabiliyetine sahip uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir (Aksu, 2020).

Çalışmadan elde edilmiş sonuçlar, sınırlılıklar ve gelecek çalışmalar için izlenebilecek istikametler beş maddede aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Araştırmada korular başta olmak üzere kentsel yeşil alanların PM üzerinde anlamlı düzeyde etkisi olduğu görülmüştür. Bunun yanında, koruların vejetasyon yapısı ve konumları konusunda detaylı değerlendirme yapılamamıştır. Bu özelliklerin farklı çalışmalarda zenginleştirilmesi literatüre önemli bir katkı sağlayacaktır.
2. Yeşil dokunun çevresel yapılar ve özellikle parklar düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Özellikle, Ulus Parkı'nda görülen düşük PM seviyesi çevresel yapılar ile açıklanabilir. Bu anlamda, yüksek PM seviyesine sahip MKKM ve Barbaros bulvarı gibi alanlarda düzenlenecek yeni vejetasyon alanları bu bölgelerdeki kirletici maddenin etkisini azaltabilir.
3. Yukarıdaki birinci maddede de belirtildiği gibi yeşil dokunun niteliği (biyokütlesi, yüksek odunsu karma yapısı) PM seviyelerini etkilediği düşünülmektedir. Nitelikli yeşil doku; çevresel vejetasyon alanları ve koruların zenginliği ile ana arterlere yakın olmasına rağmen PM konsantrasyonunda düşüklüğe neden olmuştur (Örn; Bjk Vodafone Stadı Yan Yolu)
4. Araştırmaya göre, kentsel alanda vejetasyonun yapısal alanlara nüfus etmesi bu bölgelerdeki kirletici oranlarını etkilemiş gibi görünüyor. Bu alanlarda yapılacak peyzaj çalışmaları ve düzenlemelerin PM başta olmak üzere pek çok bölgeye özgü kirletici üzerinde de etkisi olacaktır.
5. Birbirleri ile bağlantıları olmayan veya kopuk üniteler halinde bir vejetasyon sisteminin görülmesi, bu bölgelerdeki yeşil çatı sistemlerinin önemi çalışmada da göstermiştir. Prof. Dr. Aykut Barka Deprem Parkı ve Balmumcu Parkı gibi evler ve yeşil alanların daha az yoğunlukta olduğu bölgelerde PM seviyesinin düşük olması, yeşil çatı sistemleri ile bağlantılı olduğunu düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., Pulvirenti, B. 2017. Air Pollution Abatement Performances of Green Infrastructure in Open Road and Built-up Street Canyon Environments–A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71-86.
- Ağaç, K., Koçak, K., Deniz, A. 2015. Simulation And Forecasting of Daily Pm10 Concentrations Using Autoregressive Models In Kagithane Creek Valley, Istanbul. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 5737).
- Akdoğan, G., 1970. Yeşil Alanların İklimsel Etkileri ve Şehir Planlamasındaki Fonksiyonları. *Peyzaj Mimarisi Derneği Dergisi*, S:2-3, Tisa Matbaacılık San., Ankara.
- Aksu, G. A., 2012. Peyzaj Değişimlerinin Analizi: İstanbul, Sarıyer Örneği. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.
- Aksu, G.A., 2014. Bütüncül (Holistik) Peyzaj Planlama Yaklaşımı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl: 13 Sayı: 26 Güz 2014 s. 21-34.
- Aksu, G.A. 2017. İstanbul-Beşiktaş İlçesi Ekolojik Planlama Yaklaşımli Kentsel Peyzaj Planı ve Uygulama Stratejisi. TUBITAK-ARDEB 3501 kariyer Geliştirme Programı, proje No: 114-O-341, Proje Sonuç Raporu, 5.Bölüm (Tartışma ve Sonuç).
- Aksu, G. A., Tağıl, Ş. 2017. Effects of Urban Landscape Pattern on PM10 Pollution – A Besiktas Case Study. MESAEP 19th International Symposium on Environmental Pollution and Its Impact on Life in the Mediterranean Region. Rome, Italy.
- Aksu, G.A. 2020. Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik.” Kitap: Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik. Ed.: Aksu, G.A. ve Suri, L., Cinius Yayınları. ISBN 978-625-7113-49-6
- Amato, F., Cassee, F. R., van der Gon, H. A. D., Gehrig, R., Gustafsson, M., Hafner, W., Querol, X. 2014. Urban Air Quality: The Challenge of Traffic Non-Exhaust Emissions. *Journal of Hazardous Materials*, 275, 31-36.
- Amoatey, P., Omidvarborna, H., Baawain, M. S., Al-Mamun, A. 2019. Emissions and Exposure Assessments of SOX, NOX, PM10/2.5 and Trace Metals From Oil Industries: A review study (2000–2018). *Process Safety and Environmental Protection*, 123, 215-228.
- Arslan, S., Aybek, A., Ekerbicer, H. C. 2010. Measurement of Personal PM10, PM2.5 and PM1 Exposures in Tractor and Combine Operations and Evaluation of Health Disturbances of Operators.

- Bağcı, H. R., Şengün, M. T. 2012. Effects on the Human Environment and Plants Desert Dusts. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 24, 409-433.
- Baycan-Leven, T., van Leeuwen, E., Rodenburg, C., Nijkamp, P., 2002. Development and Management of Green Spaces in European Cities: A Comparative Analysis. In 38th International Planning Congress on "The Pulsar Effect" Planning with Peaks, Athens, Greece, September 21-26, 2002.
- Beşiktaş Belediyesi, 2021. Parklar Bahçeler Genel Müdürlüğü Verileri. Erişim Tarihi: 08.03.2021. <https://besiktas.bel.tr/sayfa/1412/Park-ve-Bahceler-Mudurlugu>
- Bilgili, B. C., 2009. Ankara Kenti Yeşil Alanlarının Kent Ekosistemine Olan Etkilerinin Bazı Ekolojik Göstergeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bilgili, B. C., Gökyer, E. 2012. Urban Green Space System Planning. *Landscape Planning*, 360.
- Çapraz, Ö., Deniz, A. 2020. Particulate Matter (PM10 and PM2.5) Concentrations During a Saharan Dust Episode in Istanbul. *Air Quality, Atmosp., Health*, 1-8.
- Çoban, N. A., 2009. Türkiye’de Kentlerde Ölçülen Partiküler Madde (PM10) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 169, Ankara.
- Deng, S., Ma, J., Zhang, L., Jia, Z., Ma, L. 2019. Microclimate Simulation and Model Optimization of the Effect of Roadway Green Space on Atmospheric Particulate Matter. *Environmental Pollution*, 246, 932-944.
- Donaldson, K., Stone, V., Seaton, A., MacNee, W. 2001. Ambient Particle Inhalation and the Cardiovascular System: Potential Mechanisms. *Environmental health perspectives*, 109(suppl 4), 523-527.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2020. Particulate Matter (PM) Basics. Erişim Tarihi: 08.02.2020. <https://www.epa.gov/pmpollution/particulate-matter-pm-basics>
- Forman, R. T. T., 1995. *Land Mosaics*. New York: Cambridge University Press., U.K., ISBN: 978-0-521-479980-6 (PB).
- Forman, R. T. T., 2008. *Urban Regions. Ecology and Planning Beyond the City*. Cambridge University Press, UK., ISBN-13: 978-0-521-67076-0 (PB).
- Garg, U., Smith, L. D. 2017. Biomarkers in Inborn Errors of Metabolism: Clinical Aspects and Laboratory Determination., p. 399, Elsevier.

- Ginoux, P., Prospero, J. M., Torres, O., Chin, M. 2004. Long-Term Simulation of Global Dust Distribution With the GOCART model: Correlation with North Atlantic Oscillation. *Environmental Modelling, Software*, 19(2), 113-128.
- Gregoris, E., Barbaro, E., Morabito, E., Toscano, G., Donato, A., Cesari, D., Gambaro, A. 2016. Impact of Maritime Traffic on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Metals and Particulate Matter in Venice Air. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6951-6959.
- Guevara, M., Martínez, F., Arévalo, G., Gassó, S., Baldasano, J. M. 2013. An Improved System for Modelling Spanish Emissions: HERMES v2.0. *Atmospheric Environment*, 81, 209-221.
- Guevara, M., 2016. Emissions of Primary Particulate Matter. Hester, R. E., Harrison, R. M. and Querol, X. (Ed.), *Airborne Particulate Matter Sources, Atmospheric Processes and Health*, pp. 1-6, Cambridge, UK.
- Haq, S. M. A. 2015. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. *Urban Ecology: Strategies for Green Infrastructure and Land Use*; Etingoff, K., Ed, 147-166.
- Hellmund, P. C., Smith, D. 2006. *Designing Greenways: Sustainable Landscapes for Nature and People*. Island Press.
- Huttner, S. 2012. Further Development and Application of the 3D Microclimate Simulation ENVI-met (Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Mainz).
- Ichimura, M. 2003. Urbanization, Urban Environment and Land Use: Challenges and Opportunities. In *Asia-Pacific Forum for Environment and Development, Expert Meeting 23*, 1-14.
- Incecik, S., ve Im, U. 2012. Air Pollution in Mega Cities: A Case Study of Istanbul. In *Air Pollution-Monitoring, Modeling and Health*. InTech.
- Johansson, L., Jalkanen, J. P., Kukkonen, J. 2017. Global Assessment of Shipping Emissions in 2015 on a High Spatial and Temporal Resolution. *Atmospheric Environment*, 167, 403-415.
- Kousoulidou, M., Fontaras, G., Ntziachristos, L., Bonnel, P., Samaras, Z., Dilara, P. (2013). Use of Portable Emissions Measurement System (PEMS) For The Development and Validation of Passenger Car Emission Factors. *Atmospheric Environment*, 64, 329-338.
- Lee H.I., Park S.S., Kim K.W., Kim Y.J., 2008. Source Identification of PM_{2.5} Particles Measured in Kwangju, Korea. *Atmospheric Research* 88, 199-211.

- Lei, Y., Duan, Y., He, D., Zhang, X., Chen, L., Li, Y., Zheng, J. 2018. Effects of Urban Greenspace Patterns on Particulate Matter Pollution in Metropolitan Zhengzhou in Henan, China. *Atmosphere*, 9(5), 199.
- Leonard, R. J., McArthur, C., Hochuli, D. F. 2016. Particulate Matter Deposition on Roadside Plants and the Importance of Leaf Trait Combinations. *Urban Forestry, Urban Greening*, 20, 249-253.
- Levin, H. L., King Jr, D. T. 2013. *The Earth Through Time* (10th ed.), p. 8, John Wiley, Sons.
- Liora, N., Markakis, K., Poupkou, A., Giannaros, T. M., Melas, D. 2015. The Natural Emissions Model (NEMO): Description, Application and Model Evaluation. *Atmospheric Environment*, 122, 493-504.
- Liu, C. N., Awasthi, A., Hung, Y. H., Gugamsetty, B., Tsai, C. J., Wu, Y. C., Chen, C. F. 2013. Differences in 24-h Average PM_{2.5} Concentrations Between the Beta Attenuation Monitor (BAM) and the Dichotomous Sampler (Dichot). *Atmospheric environment*, 75, 341-347.
- Manlun, Y. 2003. Suitability Analysis of Urban Green Space System Based on GIS. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation. Masterthesis. Enschede, The Netherlands.
- Martin, T. R., Hagimoto, N., Nakamura, M., Matute-Bello, G. 2005. Apoptosis and Epithelial Injury in the Lungs. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 2(3), 214-220.
- Mori, J., Hanslin, H. M., Burchi, G., Sæbø, A. (2015). Particulate Matter and Element Accumulation on Coniferous Trees at Different Distances From a Highway. *Urban Forestry, Urban Greening*, 14(1), 170-177.
- Muhlfeld, C., Rothen-Rutishauser, B., Blank, F., Vanhecke, D., Ochs, M., Gehr, P. 2008. Interactions of Nanoparticles With Pulmonary Structures and Cellular Responses. *American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology*, 294(5), L817-L829.
- Mukherjee, A., Agrawal, M. 2017. World Air Particulate Matter: Sources, Distribution and Health Effects. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 283-309.
- Nussbaumer, T., Czasch, C., Kippel, N., Johansson, L., Tullin, C. 2008. Particulate Emissions from Biomass Combustion in IEA Countries Survey on Measurements and Emission Factors.
- Odum, W. E. 1982. Environmental Degradation and the Tyranny of Small Decisions. *BioScience*, 32(9), 728-729.
- Orhun, Z. 2013. Türkiye Coğrafi Bölgelerinde Örnek Şehirlerde Ölçülen PM₁₀ Değerlerinin Değişiminin

İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, xvii, İstanbul.

O'Toole, M. T. (Ed.). 2016. Mosby's Medical Dictionary (9th ed.). Elseiver.

Ozgen Alemdar, C. S. 2020. The Sources of High PM10 in Istanbul and Effect of Meteorological Conditions on High PM10 Concentrations. Marmara University, Institute For Graduate Studies Pure and Applied Science, 20, İstanbul.

Özdemir, H., Borucu, G., Demir, G., Yiğit, S., Ak, N. 2010. İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM2, 5 ve PM10) Kirliliğinin İncelenmesi. Ekoloji, 20(77), 72-79.

Pandey, K. D., Wheeler, D., Ostro, B., Deichmann, U., Hamilton, K., Bolt, K. 2006. Ambient Particulate Matter Concentrations in Residential and Pollution Hotspot Areas of World Cities: New Estimates Based on the Global Model of Ambient Particulates (GMAPS). Washington, DC: The World Bank.

Pernigotti, D., Gerboles, M., Belis, C. A., Thunis, P. 2013. Model Quality Objectives BAsed On Measurement Uncertainty. Part II: NO₂ and PM₁₀. Atmospheric Environment, 79, 869-878.

Pope 3rd, C. A., Hansen, M. L., Long, R. W., Nielsen, K. R., Eatough, N. L., Wilson, W. E., Eatough, D. J. 2004. Ambient Particulate Air Pollution, Heart Rate Variability, and Blood Markers of Inflammation in a Panel of Elderly subjects. Environmental Health Perspectives, 112(3), 339-345.

Proskuryakov, S. Y., Konoplyannikov, A. G., Gabai, V. L. 2003. Necrosis: A Specific Form of Programmed Cell Death?. Experimental Cell Research, 283(1), 1-16.

Raaschou-Nielsen, O., Andersen, Z. J., Beelen, R., Samoli, E., Stafoggia, M., Weinmayr, G., Hoek, G. 2013. Air Pollution and Lung Cancer Incidence in 17 European Cohorts: Prospective Analyses From the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). The lancet oncology, 14(9), 813-822.

Saatçioğlu, F., 1978. Açılış Konuşması, Büyük İstanbulun Yeşil Alan Sorunlar Ulusal Sempozyumu İ.Ü. Yayın No:2587, Or. Fak., Yayınları:270, İstanbul.

Saffari, A., Daher, N., Samara, C., Voutsas, D., Kouras, A., Manoli, E., Sioutas, C. 2013. Increased Biomass Burning Due to the Economic Crisis in Greece and Its Adverse Impact on Wintertime Air Quality in Thessaloniki. Environmental science, technology, 47(23), 13313-13320.

Saugstad, L. F. 1981. Weight of All Births and Infant Mortality. Journal of Epidemiology, Community Health, 35(3), 185-191.

- Schwarze, P. E., Øvrevik, J., Låg, M., Refsnes, M., Nafstad, P., Hetland, R. B., Dybing, E. 2006. Particulate Matter Properties and Health Effects: Consistency of Epidemiological and Toxicological Studies. *Human, experimental toxicology*, 25(10), 559-579.
- Shepherd, M., McClellan, R., Pandis, S., Hidy, G., Pace, T., Fehsenfeld, F., Hastie, D., Solomon, P., Chow, J., Blanchard, C., Brook, J., Vega, E., Watson, J., Seigneur, C., Moran, M., Tombach, I., McDonald, K., Vickery, J., McMurry, P. 2004. Particulate Matter Science for Policy Makers: A NARSTO Assessment, ed. McMurry, P., Shepherd, M. and Vickery, J., Cambridge University Press, Cambridge, p. 103.
- Soylu, S. 2007. Estimation of Turkish Road Transport Emissions. *Energy Policy*, 35(8), 4088-4094.
- Srogi, K. 2007. Monitoring of Environmental Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: A Review. *Environmental Chemistry Letters*, 5(4), 169-195.
- Stein, T. V., Lee, M. E. 1995. Managing Recreation Resources For Positive Outcomes: An Application of Benefits-based Management. *Journal of Park and Recreation Administration*, 13(3), 52-70.
- Şahin, Ş. 1989. Ankara Kenti Yol Ağaçlarının Sorunları ve Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınması Gerekli Önlemler. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 372s, Ankara.
- Şahin, Ş.ve Barış, M.E. 1998. Kentsel Doku İçerisinde Açık ve Yeşil Alan Standartlarını Belirleyen Etmenler. *Peyzaj Mimarlığı*, 6;10-14.
- Tecer, L. H., Süren, P., Alagha, O., Karaca, F., Tuncel, G. 2008. Effect of Meteorological Parameters on Fine and Coarse Particulate Matter Mass Concentration in a Coal-Mining Area in Zonguldak, Turkey. *Journal of the Air, Waste Management Association*, 58(4), 543-552.
- TSI Incorporated, 2021. EVM Environmental Monitors. Erişim Tarihi: 08.03.2021. <https://tsi.com/products/indoor-air-quality-meters-instruments/evm-environmental-monitors/#resources>
- Türkiye İstatistik Kurumu (2021). Nüfus ve Demografi. Erişim Tarihi: 09.03.2021. <https://cip.tuik.gov.tr/#>
- Vicente, E. D., Alves, C. A. 2018. An Overview of Particulate Emissions From Residential Biomass Combustion. *Atmospheric Research*, 199, 159-185.
- Viecco, M., Vera, S., Jorquera, H., Bustamante, W., Gironás, J., Dobbs, C., Leiva, E. 2018. Potential of Particle Matter Dry Deposition On Green Roofs and Living Walls Vegetation For Mitigating Urban Atmospheric Pollution in Semiarid Climates. *Sustainability*, 10(7), 2431.

- Williams, J., Koppmann, R. 2007. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere: An Overview. Koppmann, R. (Ed.), Volatile Organic Compounds in the Atmosphere, pp. 1-2, Blackwell Publishing Ltd.
- World Health Organization. 2006. Air Quality Guidelines: Global Update 2005: Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide, and Sulfur Dioxide. World Health Organization.
- World Health Organization, 2018. WHO/Europe | Air Quality - AirQ+: Software Tool for Health Risk Assessment of Air Pollution. World Health Organization: Regional Office for Europe.
- Wu, H., Yang, C., Chen, J., Yang, S., Lu, T., Lin, X. 2018. Effects of Green Space Landscape Patterns on Particulate Matter in Zhejiang Province, China. Atmospheric Pollution Research, 9(5), 923-933.
- Yoder, C. 2017. Gravimetric Analysis. Erişim Tarihi: 10.02.2020. wiredchemist.com.
- Zeydan, Ö., 2014. Zonguldak Bölgesi PM10 Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, xii, İzmit.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet BATUR

Eğitim Durumu

Lise : Fındıklı Lisesi, 2008

Lisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Yayınları

Batur, A., Aksu, G.A., 2021. Partikül Madde (PM₁₀) Konsantrasyonunun Kentsel Yeşil Alan Sistemiyle İlişkilendirilmesinde Ekolojik İndikatör Olarak Kullanımı: İstanbul – Beşiktaş Örneği. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27, 125-134.